

Phys. sp.

287

fd



SCHNEEKRYSTALLE

Phys. sp. 287 fd

11.93.
Hellmann

EF, BR, EC

<36610746280012

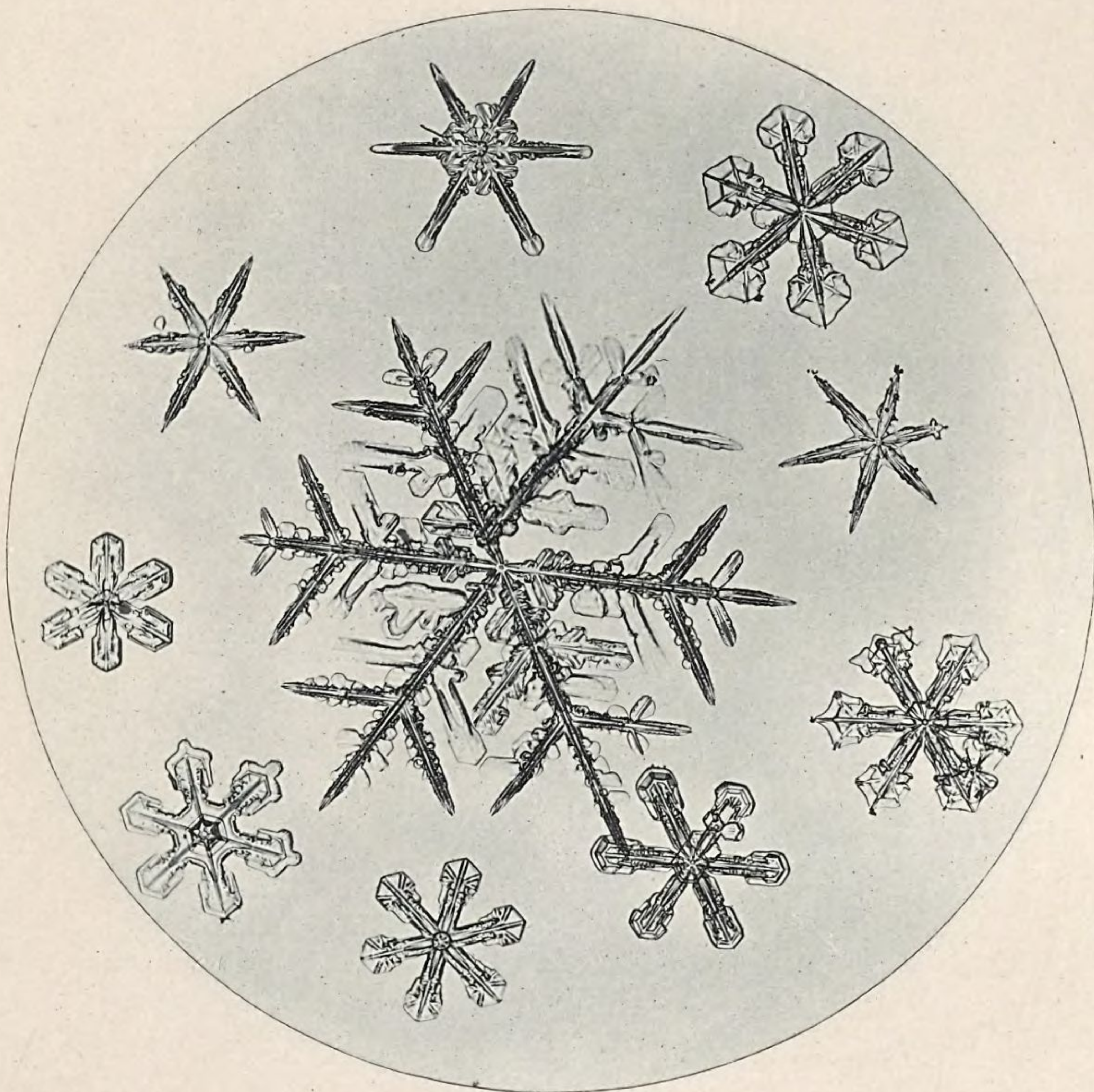
<36610746280012

Bayer. Staatsbibliothek



SCHNEEKRYSTALLE

BOHNER & SONS



SCHNEE-KRYSTALLE $\frac{12}{1}$
-6°R.

Dr. R. Neuhauss phot.

Photogravure u. Druck Meisenbach Riffarth & Co. Berlin.

Verlag von Rudolf Mückenberger, Berlin.

SCHNEEKRISTALLE

BEOBACHTUNGEN UND STUDIEN

VON

PROFESSOR DR. G. HELLMANN.

Mit elf Abbildungen im Text und acht Tafeln in Heliogravüre
und Lichtdruck nach mikrophotographischen Aufnahmen

von

Dr. med. R. NEUHAUSS in Berlin.



BERLIN

Verlag von Rudolf Mückenberger

1893.

Verzeichniss der Abbildungen

Abbildungen im Text.

	Seite
Schneekrystalle nach OLAUS MAGNUS, 1555	11
Schneekrystalle nach DESCARTES, 1637	13
Schneekrystalle nach E. BARTHOLINUS, 1660	14
Schneekrystalle nach R. HOOKE, 1665	15
Schneekrystalle nach F. MARTENS, 1675	16
Probe von Schneekrystallen nach D. ROSSETTI, 1681	17
Probe von Schneekrystallen nach W. SCORESBY, 1820	19
Proben von Schneekrystallen nach J. GLAISHER, 1855	20-22
Schematische Zeichnung des Hauptstrahles eines Schneesterns	30

Tafeln.

- Tafel I (vor dem Titelblatt). Vergrößerung 12. Aufgenommen den 1. Januar 1893, Vormittags, bei -7.5° C.
- Tafel II. Vergr. 20. No. 1 und 2. Aufgen. d. 25. Dec. 1892, Mittags, bei -6.3° .
- Tafel III. Vergr. 12. No. 3. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, $10\frac{1}{4}^h$ p. m., bei -12.5° . No. 4. Aufgen. d. 3. Jan. 1893, 8^h p. m., bei -8.8° .
- Tafel IV. Vergr. 20. No. 5 und 6. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, Vorm., bei -7.5° .
- Tafel V. Vergr. 20. No. 7. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, Vorm., bei -7.5° .
No. 8. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, 10^h p. m., bei -12.5° .
- Tafel VI. Vergr. 20. No. 9 und 10. Aufgen. d. 26. Dec. 1892, Nachm., bei -7.5° .
- Tafel VII. Vergr. 20. No. 11. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, 10^h p. m., bei -12.5° .
No. 12. Aufgen. d. 25. Dec. 1892, Mitt., bei -6.3° .
- Tafel VIII. Vergr. 20. No. 13 und 14. Aufgen. d. 1. Jan. 1893, $7\frac{1}{2}^h$ p. m., bei -10° .

Einleitung.

Von je her habe ich mit besonderer Vorliebe die formenreichen Gestalten der Schneekrystalle beobachtet. Jeden Winter, wenn die ersten Schneeflocken durch die Luft wirbeln, freue ich mich immer wieder von neuem darüber, die mannigfaltigen und zierlichen Schneefiguren betrachten zu können. Anfangs that ich dies mit blossem Auge, wie es ein jeder Spaziergänger thun kann, dem die Schneekrystalle auf den (dunklen, womöglich grobhaarigen) Ueberzieher fallen und da einige Sekunden lang unverändert liegen bleiben. Später nahm ich optische Hilfsmittel dazu, zuerst das Vergrößerungsglas, dann das Mikroskop.

Ich versuchte auch die wechselnden Formen durch Zeichnung festzuhalten. Bei der raschen Veränderung, denen die Schneekrystalle durch Abschmelzen und Verdunsten, selbst bei niedrigen Temperaturen, ausgesetzt sind, gelingt es immer nur einen Theil nachzuzeichnen. Das Fehlende sucht man nachträglich nach dem Grundsatz der Symmetrie zu ergänzen. So habe ich wohl manches Dutzend von Schneefiguren gezeichnet. Wenn ich aber diese meine eigenen Zeichnungen, sowie die von Anderen gefertigten und publicirten wieder mit den wirklichen Formen verglich, wie man sie unter günstigen Umständen im Mikroskop betrachten kann, erschienen sie mir sämmtlich allzu schematisch und zu steif. Die zahlreichen Details vieler Schneefiguren und die kleinen Abweichungen vom Gesetz, die Asymmetrien, kann man eben durch Zeichnung niemals sicher festhalten.

Es war deshalb schon lange mein Wunsch, die Mikrophotographie hierbei zu verwerthen. Da ich dies selbst nicht konnte, trug ich im Herbst 1891 meinen Wunsch Herrn Dr. med. R. NEUHAUSS vor, dem die Meteorologie bereits eine so werthvolle Sammlung gelungener Wolkenaufnahmen verdankt und der gerade die Mikrophotographie mit grossem Erfolge betreibt. Erst im verflossenen Winter 1892/93 fand Herr Dr. NEUHAUSS Zeit und Gelegenheit, mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen zu machen. Wenige Tage nach Weihnachten 1892 erfreute er mich mit der Uebersendung der ersten gelungenen Photographien, von denen einige noch im Schlusshefte des Jahrganges 1892 der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik“ durch Heliogravüre reproduirt werden konnten. Es sind dies meines Wissens die ersten bisher veröffentlichten Mikrophotographien von Schneekrystallen.

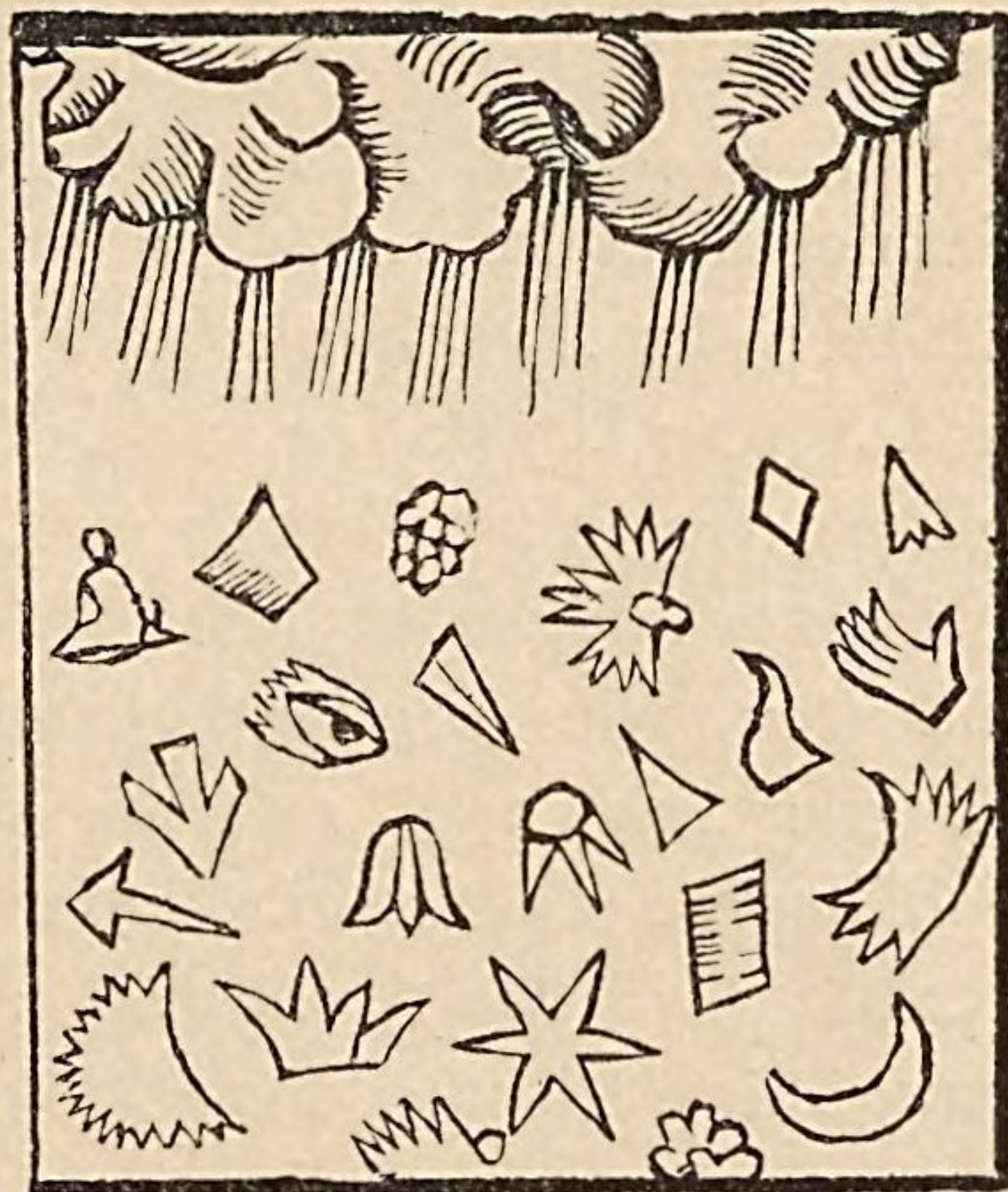
Welchen Fortschritt derartige photographische Aufnahmen gegenüber den bisherigen durch Zeichnung bekunden, kann nur Der recht ermessen, welcher entweder selbst solche zeichnerische Versuche gemacht oder die vorhandene Litteratur über Schneekrystalle genauer studirt hat.

Diese letztere ist gar nicht arm. Ich will im Folgenden zunächst versuchen, die Hauptmomente in der Entwicklung unserer Kenntnisse von den Schneefiguren dem Leser in Wort und Bild vorzuführen, damit er sich über die erzielten Fortschritte selbst ein Urtheil zu bilden vermag, und sodann die Resultate meiner Studien mittheilen über die Morphologie der Schneekrystalle, die man wohl richtiger atmosphärische Eiskrystalle nennen sollte.

Das Studium der Schneekrystalle von ALBERTUS MAGNUS bis JAMES GLAISHER.

Die wenigen Andeutungen über die Gestalt des Schnees, welche sich bei den Schriftstellern des Alterthums und des Mittelalters finden, darf ich hier wohl übergehen, da sie gar zu dürftig und unbestimmt sind. Es war ja ganz natürlich, dass man im Alterthum den Schneefiguren wenig oder gar keine Aufmerksamkeitschenkte; denn die rings um das Mittelmeer wohnenden Kulturvölker hatten nur selten Gelegenheit, solche zu beobachten. Viel eher durfte man aus dem Norden Europas die ersten Aufschlüsse hierüber erwarten. Und in der That waren es Nordländer, welche sich zuerst eingehender mit der Figur des Schnees beschäftigt haben.

ALBERTUS MAGNUS¹⁾ machte wahrscheinlich zuerst auf die sternförmige Figur des Schnees aufmerksam, und das berühmte Werk des gelehrten Erzbischofs von Upsala, OLAUS MAGNUS, welches zu Rom im Jahre 1555 unter dem Titel „*Historia de gentibus septentrionalibus . . .*“ erschien, enthält ein besonderes Kapitel über Schneefiguren und zugleich die ersten Abbildungen derselben¹⁾. Wegen des grossen Interesses, welches dieser erste Versuch zeichnerischer Darstellung von Schneekrystallen beanspruchen darf, gebe ich dieselben in Facsimile hier wieder.



OLAUS MAGNUS, 1555.

¹⁾ Litterarische Nachweise und weitere Ausführungen des Textes findet man in den am Schluss folgenden „Anmerkungen“.

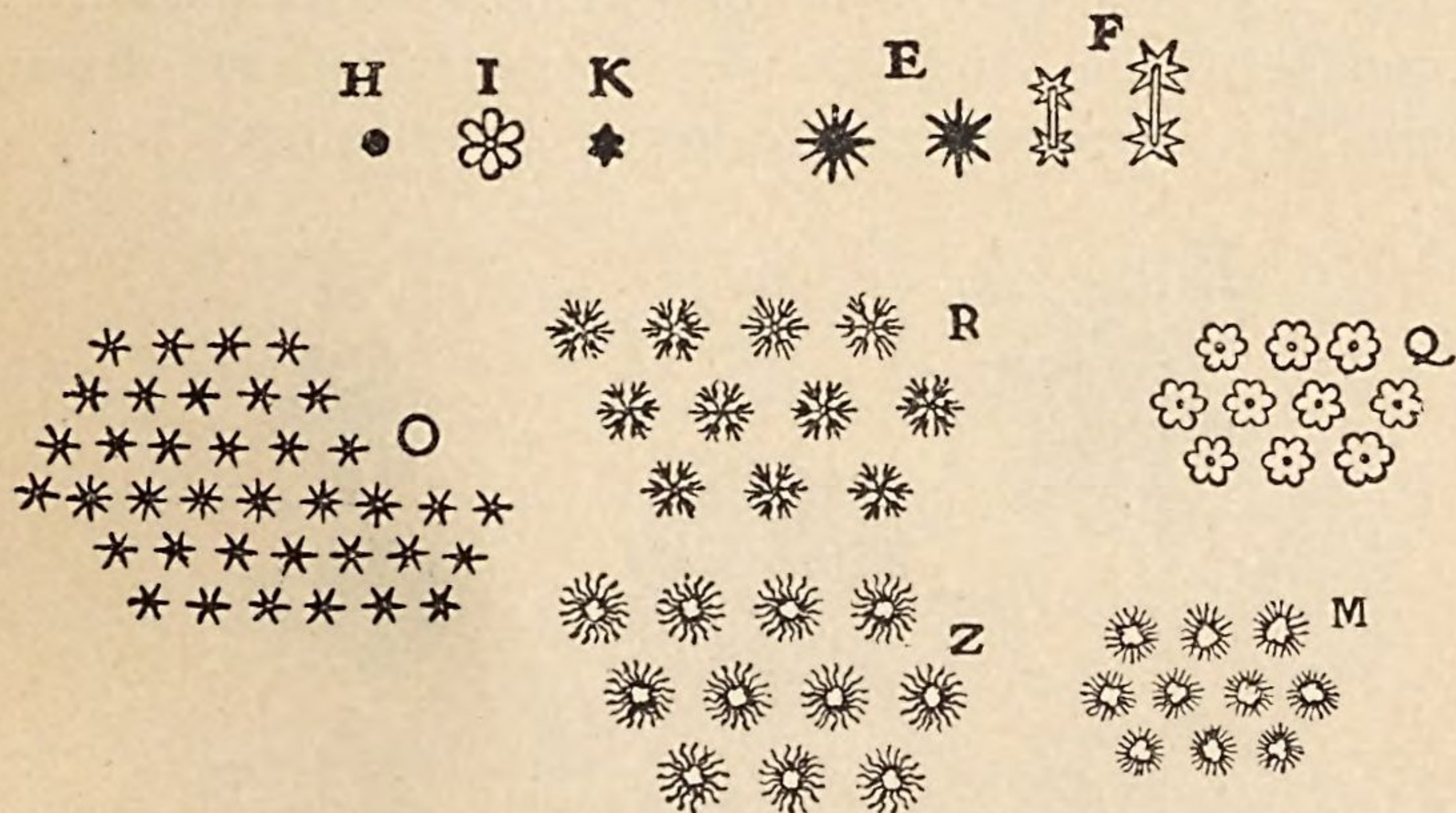
Der Verfasser bemerkt im Text, dass, je mehr man sich dem Nordpol nähert, der Reichthum an Schneefiguren zunehme. Man könne da bisweilen an einem Tage 15 bis 20 und mehr verschiedene Gestalten beobachten. Er sucht diese Mannigfaltigkeit in der Zeichnung offenbar auch anzudeuten, wobei er allerdings der Phantasie viel Spielraum lässt; denn kaum zwei oder drei seiner Figuren entsprechen den in der Natur wirklich vorkommenden Formen. Möglicherweise hat auch der römische Holzschneider die ihm ungewohnten Figuren so wenig naturgetreu wiedergegeben.

Die Mannigfaltigkeit der Schneefiguren zuerst hervorgehoben und abgebildet zu haben, ist OLAUS MAGNUS' unbestrittenes Verdienst; allein er übersah noch die allen zu Grunde liegende hexagonale Form. Diese Erkenntniss verdanken wir erst KEPLER, der im Jahre 1611 die erste besondere Schrift²⁾ über Schneekrystalle „*Strena seu de nive sexangula*“ veröffentlichte. Ihr Zweck bestand nicht sowohl darin, neue Formen von Schneekrystallen zu beschreiben, als vielmehr deren hexagonale Gestalt zu erklären. „*Cur autem sexangula?*“, fragt sich KEPLER und sucht allerlei Hypothesen aufzustellen, die sich indessen, wie er selbst gestehen muss, nicht aufrecht erhalten lassen: „*res mihi nondum comperta est*“. Er begnügt sich schliesslich damit, für jeden Stoff eine besondere „bildende Kraft“ (*facultas formatrix*) anzunehmen³⁾, und überlässt die endgültige Lösung des Problems den Chemikern, die da sagen sollen, ob und welche Art von Salz im Schnee enthalten sei.

Die Chemiker blieben aber die Antwort auf diese Frage schuldig. Dagegen fehlte es nicht an Gelehrten, welche, wie KEPLER, durch Annahme von besonderen Fakultäten und Qualitäten die Sache zu erklären suchten⁴⁾. Der französische Gelehrte FABRI DE PEIRESC äusserte im Jahre 1623 sogar die Meinung, dass der Schnee aus Samen entstehe, wie Pflanzen und Thiere⁵⁾. Auch sein Freund GASSENDI, der sich mehrfach mit den Schneekrystallen beschäftigte, wusste kaum etwas Neues über sie zu sagen⁶⁾.

Erst die Beobachtungen und Betrachtungen über Schneefiguren, welche DESCARTES im Jahre 1637 veröffentlichte, bekunden einen kleinen Fortschritt in dieser Frage⁷⁾. Freilich

überwiegt auch bei ihm noch die Theorie, indessen giebt er sich doch die Mühe, verschiedene Formen von Schneekrystallen zu beobachten und nachzuzeichnen. Ein Facsimile der von ihm im Februar 1635 zu Amsterdam bemerkten Schneefiguren lasse ich hier folgen:



DESCARTES, 1637.

Die erste Figur (H) soll ein Graupelkorn vorstellen; alle übrigen sind deutlich als Schneefiguren wieder zu erkennen. Der Fortschritt in der Auffassung und Wiedergabe des Beobachteten gegenüber OLAUS MAGNUS ist unverkennbar.

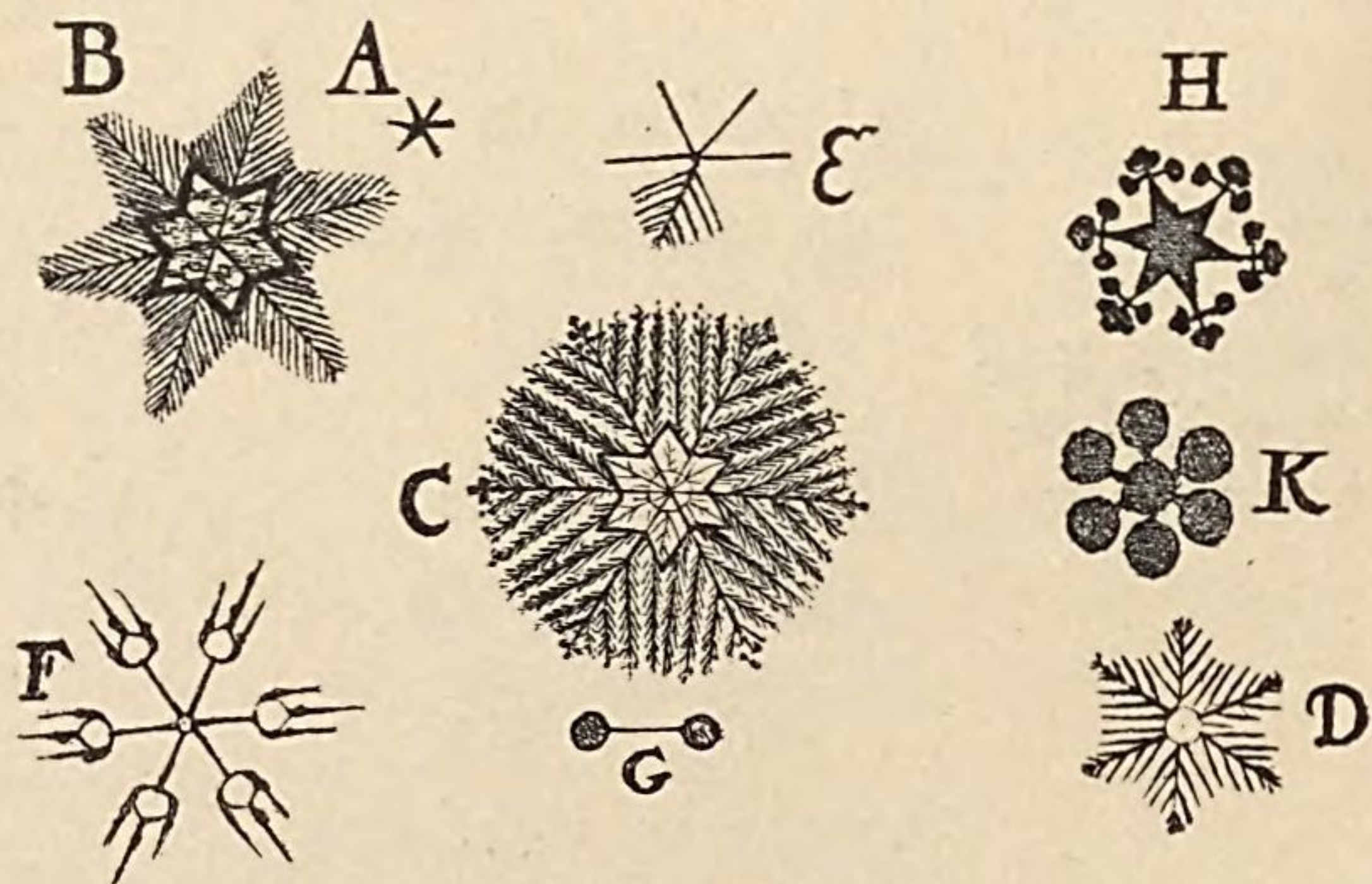
Von einer Darlegung der sehr complicirten Betrachtungen und Vermuthungen DESCARTES' über die Entstehung des Schnees glaube ich hier Abstand nehmen zu können, da sie gänzlich veraltet sind. Sie verrathen nur allzu häufig den grübelnden Philosophen. Ebenso glaube ich mehrere andere einschlägige Schriften aus dieser, wie aus späterer Zeit, welche nichts Neues darbieten, ganz übergehen zu dürfen⁸⁾. Es sollen eben nur die wichtigsten Arbeiten und Abbildungen hier genannt werden.

Zu diesen gehört die besondere Schrift des dänischen Mathematikers und Physikers ERASMUS BARTHOLINUS „*De figura nivis*“, welche im Jahre 1660 erschien und die umstehenden Schneefiguren enthält⁹⁾.

Ein Vergleich mit denen von DESCARTES zeigt ohne weiteres einen grossen Fortschritt: zum ersten Male werden etwas complicirtere Formen zur Darstellung gebracht. Freilich hat

BARTHOLINUS in der Wiedergabe derselben insofern gefehlt, dass er die an den Hauptstrahlen ansitzenden Nebenstrahlen nicht diesen parallel zeichnete. Die pentagonale Form E ist wahrscheinlich nur rudimentär oder ungenau gezeichnet; über die Form G wird leider nichts gesagt.

Die Entstehung der hexagonalen Schneekrystalle sucht BARTHOLINUS nach Analogie der Bienenzellen und Spinnengewebe durch geometrische Figuren zu erläutern.



E. BARTHOLINUS, 1660.

Ob sich dieser Gelehrte bei der Beobachtung und Zeichnung obiger Schneefiguren eines optischen Hilfsmittels bediente, wird nicht gesagt. Sicherlich that dies aber der englische Physiker ROBERT HOOKE, der wohl zuerst die Struktur des Eises, des Rauhreifes, des Hagels und des Schnees mittels des Mikroskopes untersucht hat. Sein berühmtes Werk „*Micrographia*“ enthält als eine Auswahl von mehr als hundert von ihm beobachteter Formen die nachstehend in Facsimile wiedergegebenen Schneefiguren¹⁰⁾.

Den eben erwähnten Zeichenfehler von BARTHOLINUS hat HOOKE glücklich vermieden; denn er war sich jener Gesetzmässigkeit wohl bewusst („*the branchings from each side of the stems were parallel to the next stem on that side*“).

Während alle bisher erwähnten Beschreibungen und Abbildungen von Schneekrystallen aus mittleren geographischen Breiten stammen, erhielt man im Jahre 1675 zum ersten Male Nachricht von solchen aus den arktischen Regionen durch den deutschen Reisenden FRIEDRICH MARTENS aus

Hamburg, dessen vielfache Verdienste um die Erforschung der Naturverhältnisse von Spitzbergen und Grönland selbst in der eigenen Heimath wenig bekannt geworden sind¹¹⁾. Seine Abbildungen von Schneekrystallen, von denen Facsimiles hier folgen, können auf unser Interesse um so mehr Anspruch machen, weil er uns den allmählichen Bildungsgang der Figuren vorführt und genau die Witterungsverhältnisse notirt, unter denen sie vorkommen.

In technischer Beziehung lassen diese Figuren ja manches zu wünschen übrig, doch verrathen sie deutlich einen aufmerksamen Beobachter. Besondere Beachtung verdient die als Hagel bezeichnete, igelförmige Form unter Nr. 6, von der 150 Jahre später auch SCORESBY berichtete. Die zugehörigen Erläuterungen von MARTENS, namentlich über die Bildung des Schnees, gebe ich in einer Anmerkung¹²⁾ wörtlich wieder.

Die nächste bedeutsame Untersuchung über die Schneekrystalle führt uns aus dem hohen Norden nach dem Süden Europas, nach Oberitalien.

DONATO ROSSETTI, ein Canonicus aus Livorno, hatte während seines Aufenthaltes als Mathematiker am Hofe von Turin sechs Jahre hindurch eingehende Studien über die Schneefiguren gemacht, und veröffentlichte dieselben 1681 in einer besonderen Schrift¹³⁾, welche ganz in Vergessenheit gerathen zu sein scheint. Und doch verdient dieselbe unsere vollste Beachtung; denn sie enthält eine vorzügliche Sammlung



R. HOOKE, 1665.

von Zeichnungen der plättchenartigen Schneekrystalle, sowie den ersten Versuch einer systematischen Eintheilung der-

Nũ 1.



Nũ 2.



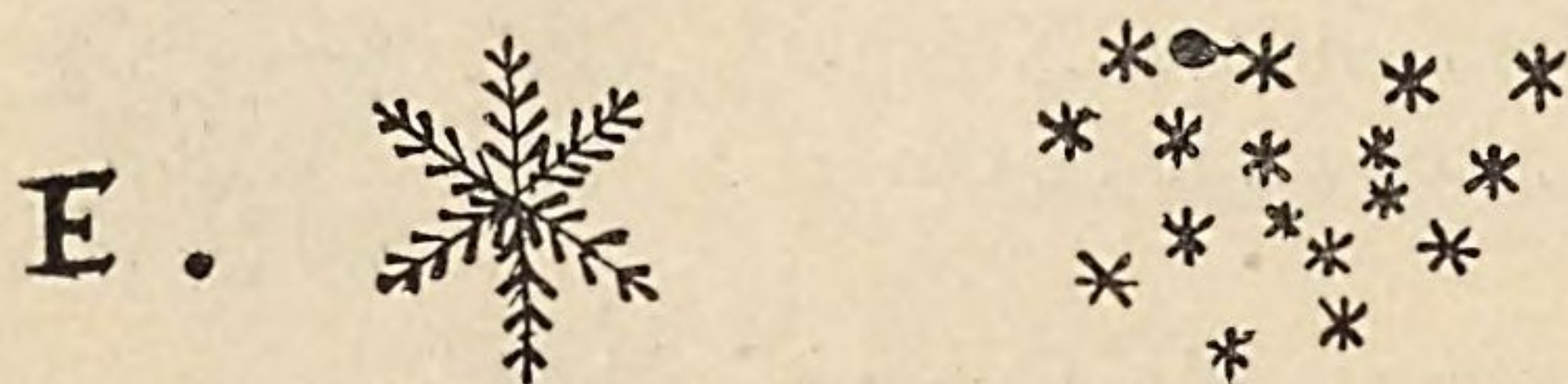
Nũ 3.



Nũ 4.



Nũ 5.



Nũ 6.

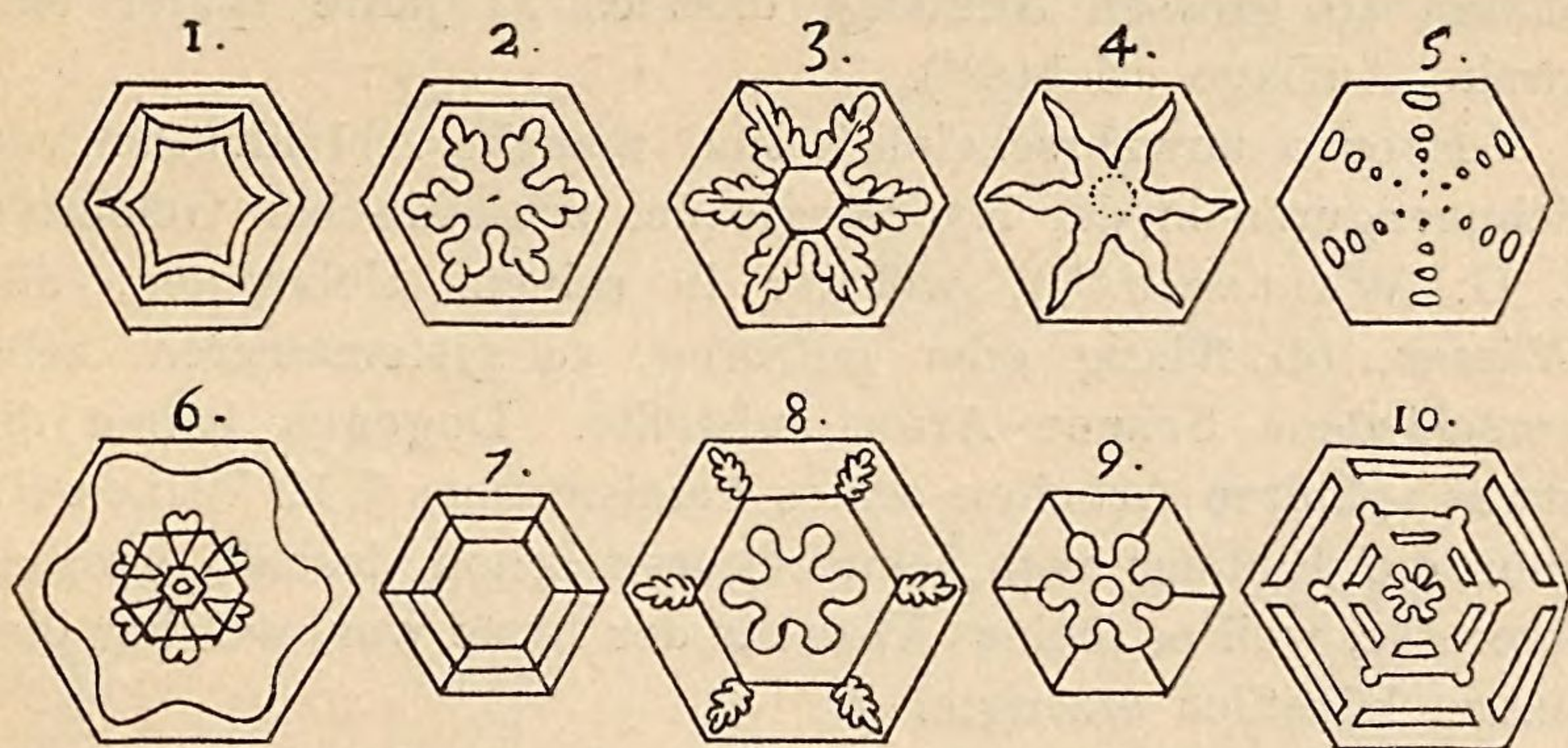


F. MARTENS, 1675.

selben in verschiedene Typen. ROSSETTI unterscheidet deren fünf: *Bruscolo*, *Fiocco*, *Punto*, *Rosetta*, *Granello* und giebt zur Illustration einige sechzig verschiedene Schneefiguren.

Auch in optischer Beziehung weiss er den Unterschied zwischen weissen und undurchsichtigen, Alabaster ähnlichen Schneekrystallen (*Gelo alabastrino* von ihm genannt) und durchsichtigen (*Gelo cristallino*) zu machen.

Zur ersten Form „*Bruscolo*“¹⁴⁾ (Strohalm) rechnet er ausser den Spiessen die hohlen oder mit Luftblasen erfüllten Krystalle (Prismen), welche wie Schaumblasen zerplatzen. Die zweite Form „*Fiocco*“ (Flocke) ist nicht glücklich gewählt; denn, wie ROSSETTI sehr wohl selbst weiss, repräsentiren Schneeflocken keine Grundform, sondern sind nur Vereinigungen



D. ROSSETTI, 1681.

mehrerer Schneekrystalle. Zur dritten Form „*Punto*“ (Punkt, Pünktchen) gehören die allerkleinsten Schneepünktchen (*minutissimi punti*). Der wichtigsten und häufigsten Form giebt er den Namen „*Rosetta*“ (Rosette) und nicht *Stelluzza* (Sternchen), weil rhombische Strahlen, aus denen Sterne zusammengesetzt seien, in ihnen nur selten vorkämen. Von diesen Rosetten unterscheidet er acht Arten¹⁴⁾. Die „*Granelli*“ endlich sind kugelförmige Bildungen (Körnchen).

Als Probe seiner Abbildungen gebe ich oben Facsimiles der ersten 10 Figuren (Rosetten).

Auf ROSSETTI'S Schrift folgt nun eine Reihe von Einzelarbeiten, die wohl manches interessante Detail, z. Th. auch schöne Abbildungen, aber eigentlich nichts wesentlich Neues enthalten. Dahin gehören die Arbeiten von CASSINI, CAMERA-

KUNDMANN, LULOFS und NETTIS¹⁵⁾. Besondere Erwähnung verdient nur das umfangreiche Werk des holländischen Arztes JAN ENGELMAN, welcher auf 28 Kupfertafeln nicht weniger als 420 von ihm beobachtete Schneekrystalle abgebildet hat. Der harte und schneereiche Winter von 1740 hatte dazu die Gelegenheit geboten. Manche der ENGELMAN'schen Figuren weichen freilich so stark vom hexagonalen System ab, dass man Beobachtungs- oder Zeichenfehler annehmen muss. Immerhin fand das Buch, dessen textlicher Inhalt Theologen mehr als Physiker und Meteorologen befriedigen dürfte, beim Publikum so grossen Anklang, dass es 24 Jahre später eine zweite Auflage erlebte¹⁶⁾.

Ebenso unwahrscheinlich sind manche Abbildungen von Schneefiguren in der Hydrologie des schwedischen Gelehrten J. G. WALLERIUS¹⁷⁾, welcher in seinem Uebereifer, alle Wässer, ob flüssig oder gefroren, zu systematisiren, zehn verschiedene Schnee-Arten aufstellte. Dagegen haben die etwas späteren Arbeiten seines Landsmannes J. K. WILCKE¹⁸⁾ über die Bildung von Schneefiguren schon deshalb grosses Interesse, weil er meines Wissens der Erste war, welcher dieselben künstlich erzeugte.

Es tritt nun eine längere Pause im Studium der Schneekrystalle ein. Zwar fehlt es nicht an einigen kleineren Arbeiten, doch haben sie keinerlei Bedeutung. Erst das Jahr 1820 brachte uns einen fundamentalen Beitrag zu dieser Frage in „*An Account of the Arctic Regions*“, welchen der damalige englische Walfischfänger und spätere Theologe WILLIAM SCORESBY veröffentlichte¹⁹⁾.

Die Schärfe der Beobachtung, die vortreffliche Wiedergabe des Beobachteten in 96 Figuren, die Klarheit der Darstellung und der gelungene Versuch einer Eintheilung der Schneekrystalle in fünf Gruppen haben den SCORESBY'schen Ideen über die Figur des Schnees die weiteste Verbreitung gegeben. Es giebt kaum ein Lehrbuch der Physik oder der Meteorologie, welches die von SCORESBY unterschiedenen fünf Hauptarten nicht mehr oder minder ausführlich beschreibt und mit Proben seiner Schneefiguren illustriert.

SCORESBY führt die grosse Zahl der von ihm beobachteten

Schneefiguren auf folgende fünf Hauptarten zurück: 1) dünne Blättchen (lamellenartig), mit 4 Unterarten; 2) flacher oder kugelig Kern mit ästigen Verzweigungen in verschiedenen Ebenen, mit 2 Unterarten; 3) feine Spiesse oder sechsseitige Prismen; 4) sechsseitige Pyramiden; 5) Spiesse, von denen das eine oder beide Enden in dem Mittelpunkt eines dünnen blättchenartigen Schneekrystals stecken.

Weitaus die Mehrzahl seiner Figuren repräsentirt die überaus formenreiche erste Hauptart, die zweite ist wegen der Schwierigkeit der Zeichnung gar nicht zur Darstellung gekommen. Auch Repräsentanten der dritten Hauptart fehlen,

Fig. 43 i. 7/10.



Fig. 44 i. 7/30.



Fig. 45 h. 7/6.

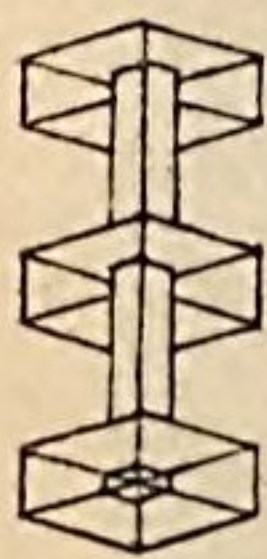


Fig. 46 7/10 h.

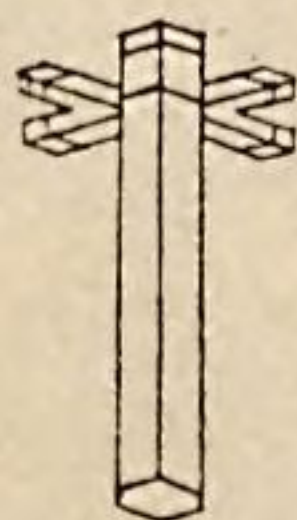


Fig. 47 7/30 i.

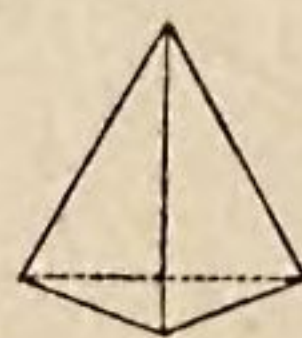
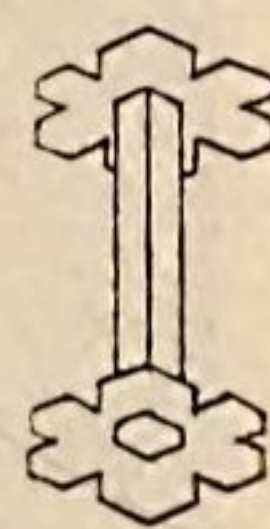


Fig. 48 h. 7/10.



W. SCORESBY, 1820.

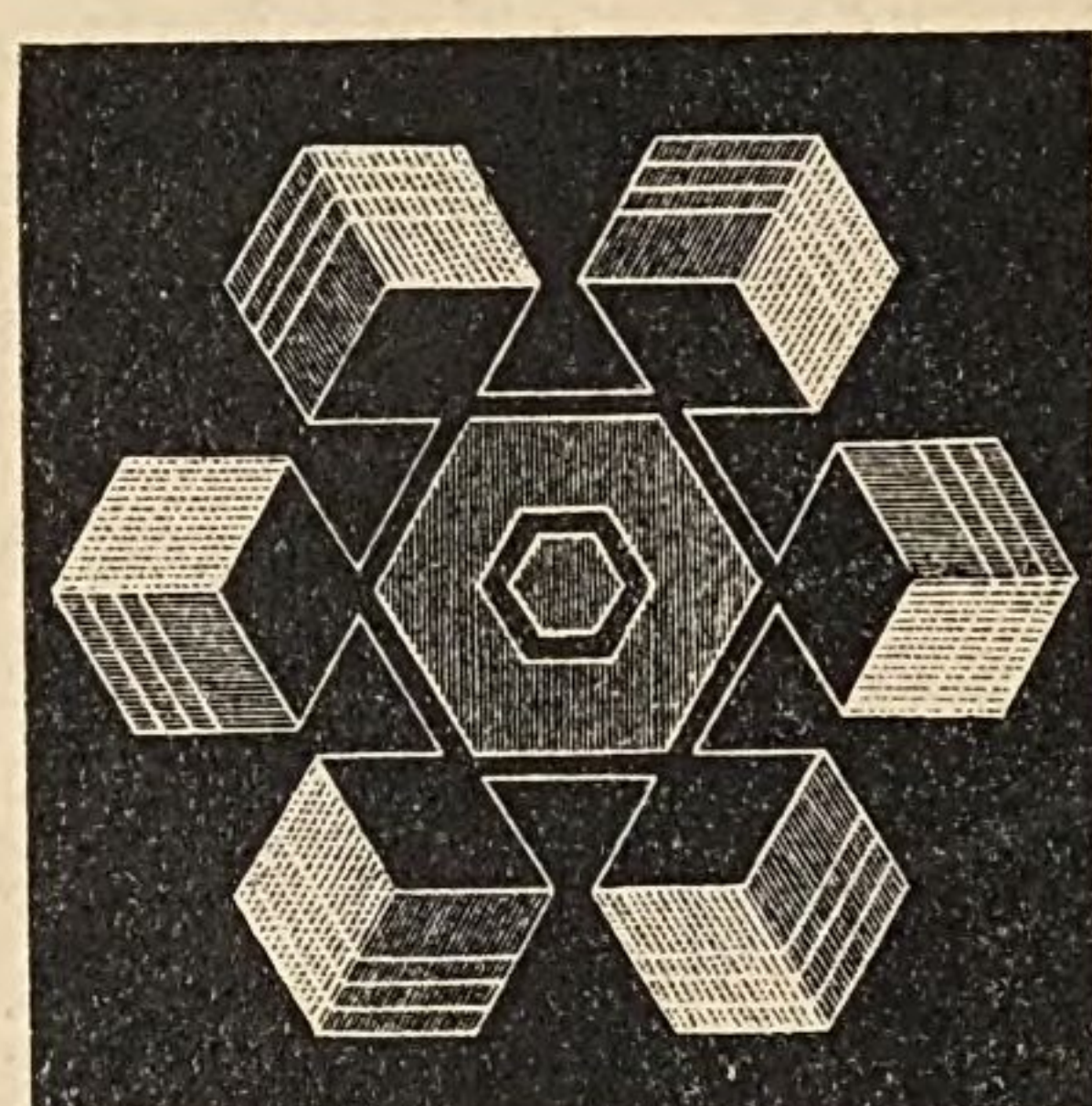
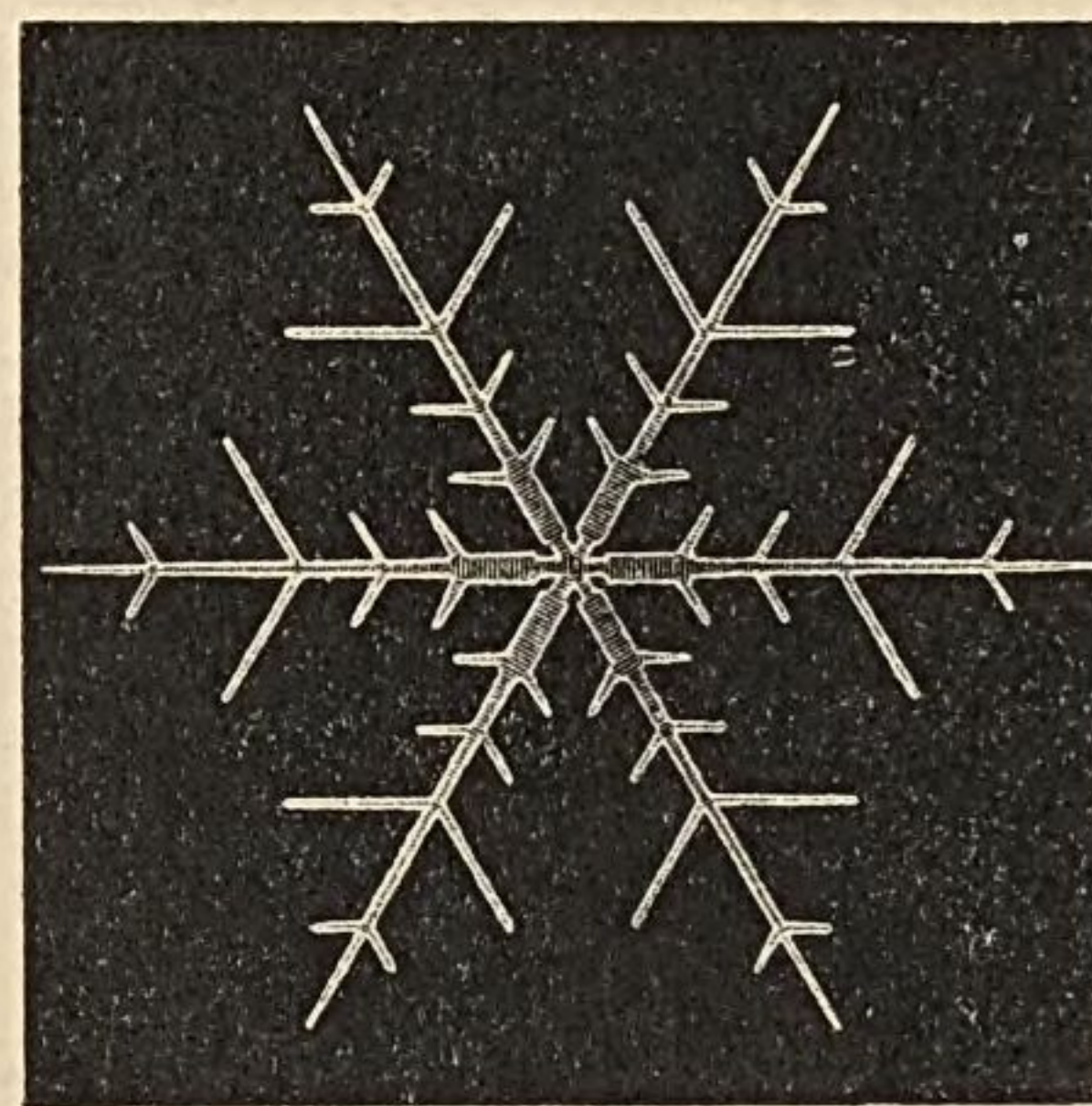
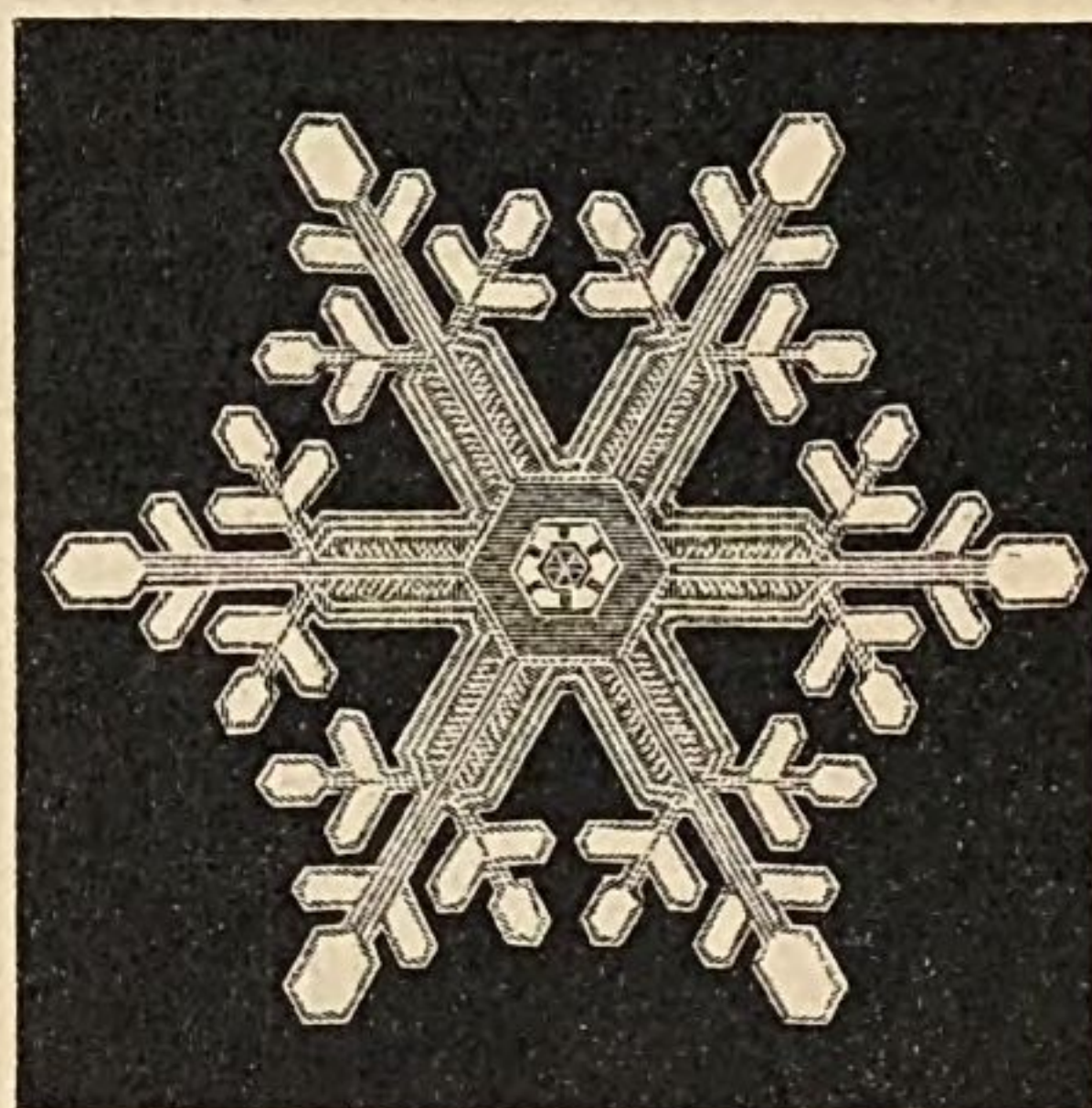
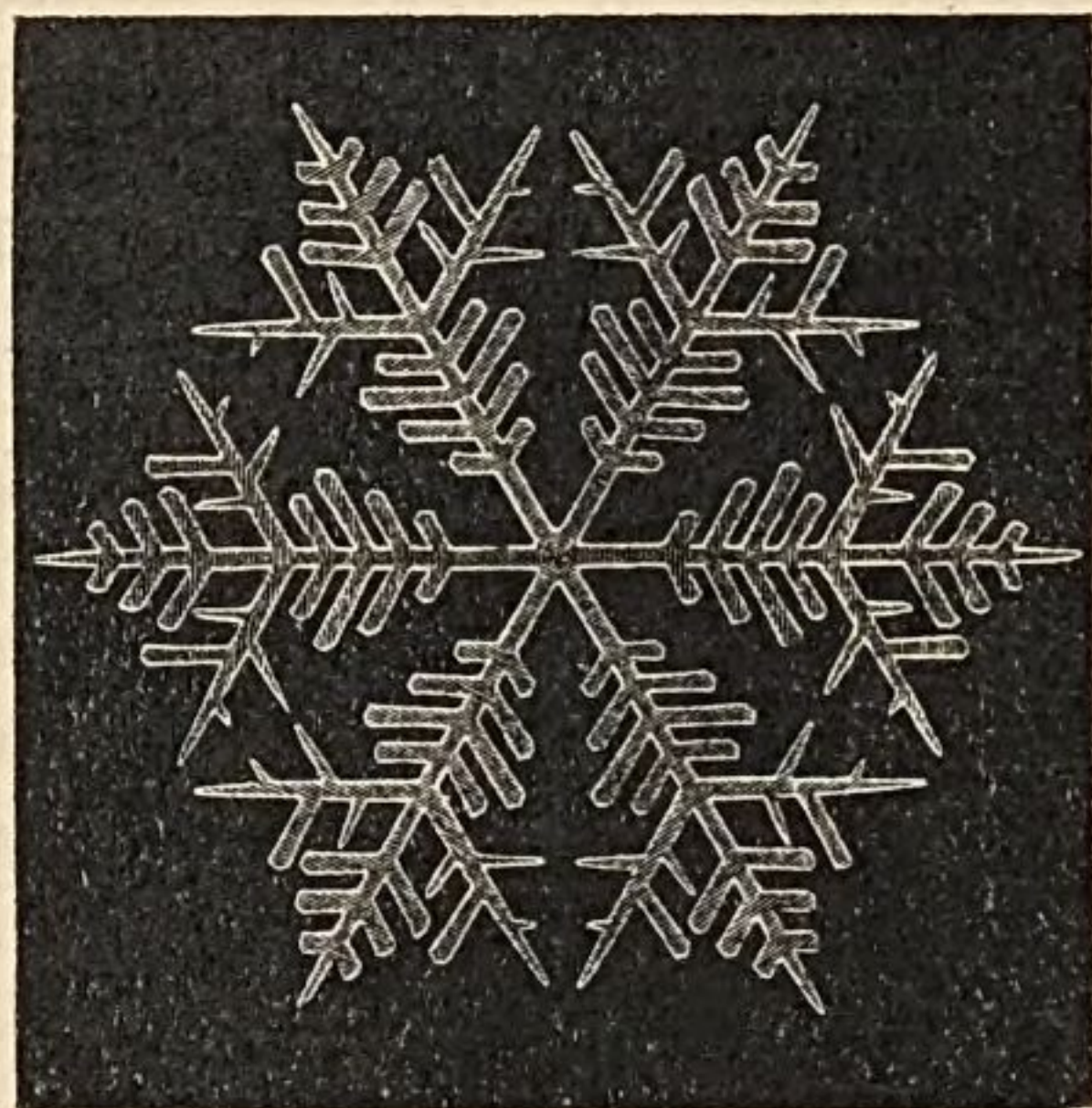
dagegen giebt er für die vierte und die fünfte einige Abbildungen der nur selten von ihm beobachteten Figuren (Nr. 43—48), die ich gerade wegen ihrer Seltenheit in Facsimile hier folgen lasse.

Die neben den Nummern stehenden kleinen lateinischen Buchstaben weisen auf eine Tabelle hin, welche die bei der Beobachtung herrschenden Witterungsverhältnisse wiedergiebt, während die darauf folgenden Brüche die Grösse des Durchmesser der Schneekrystalle in englischen Zollen bedeuten. Beide Faktoren sind von SCORESBY stets genau beachtet worden.

Er glaubte auch eine gewisse Abhängigkeit der Schneegestalten von der Lufttemperatur annehmen zu dürfen, was schon 1762 der französische Mineraloge GUETTARD²⁰⁾ gethan

hatte, während die in den Jahren 1836—1838 von KARL FRITSCH²¹⁾ zu Prag angestellten, aber erst 1853 veröffentlichten Beobachtungen „*Ueber Schneefiguren*“ diese Beziehung noch als fraglich erscheinen liessen.

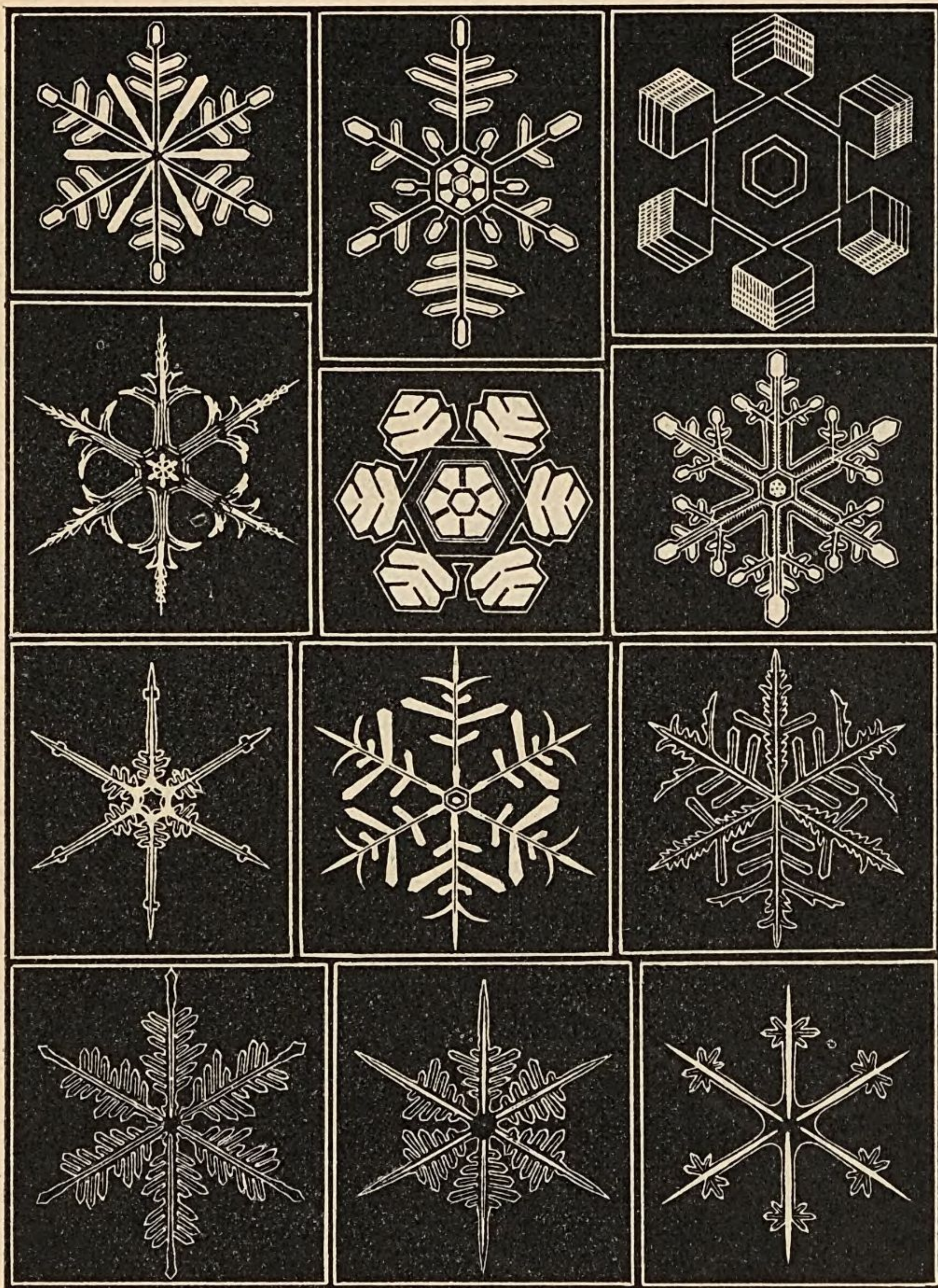
Zu demselben Schluss gelangte auch der englische Meteorologe JAMES GLAISHER, dem wir die letzte grosse Sammlung²²⁾



J. GLAISHER, 1855.

von Schneefiguren verdanken. Seine prächtig ausgeführten Abbildungen, von denen mehrere in verkleinertem Maassstabe hier folgen, sind selbst in Fachkreisen wenig bekannt geworden, weil sie in dem nur spärlich verbreiteten Bericht der britischen meteorologischen Gesellschaft fürs Jahr 1855 veröffentlicht wurden. GLAISHER skizzirte innerhalb 4 Wochen mehr als 150 verschiedene Schneefiguren, die dann seine Frau aufs sorgfältigste nachzeichnete bzw. nach dem Grundsatz der Symmetrie ergänzte; denn die Originalaufnahme konnte sich ja nur auf einen kleinen Theil des jeweiligen Krystalls

erstrecken. GLAISHER'S Abbildungen sehen darum stylisirter aus als alle anderen; sie repräsentiren die Schneekrystalle in einer ideellen Reinheit, Feinheit und Vollendung, wie sie

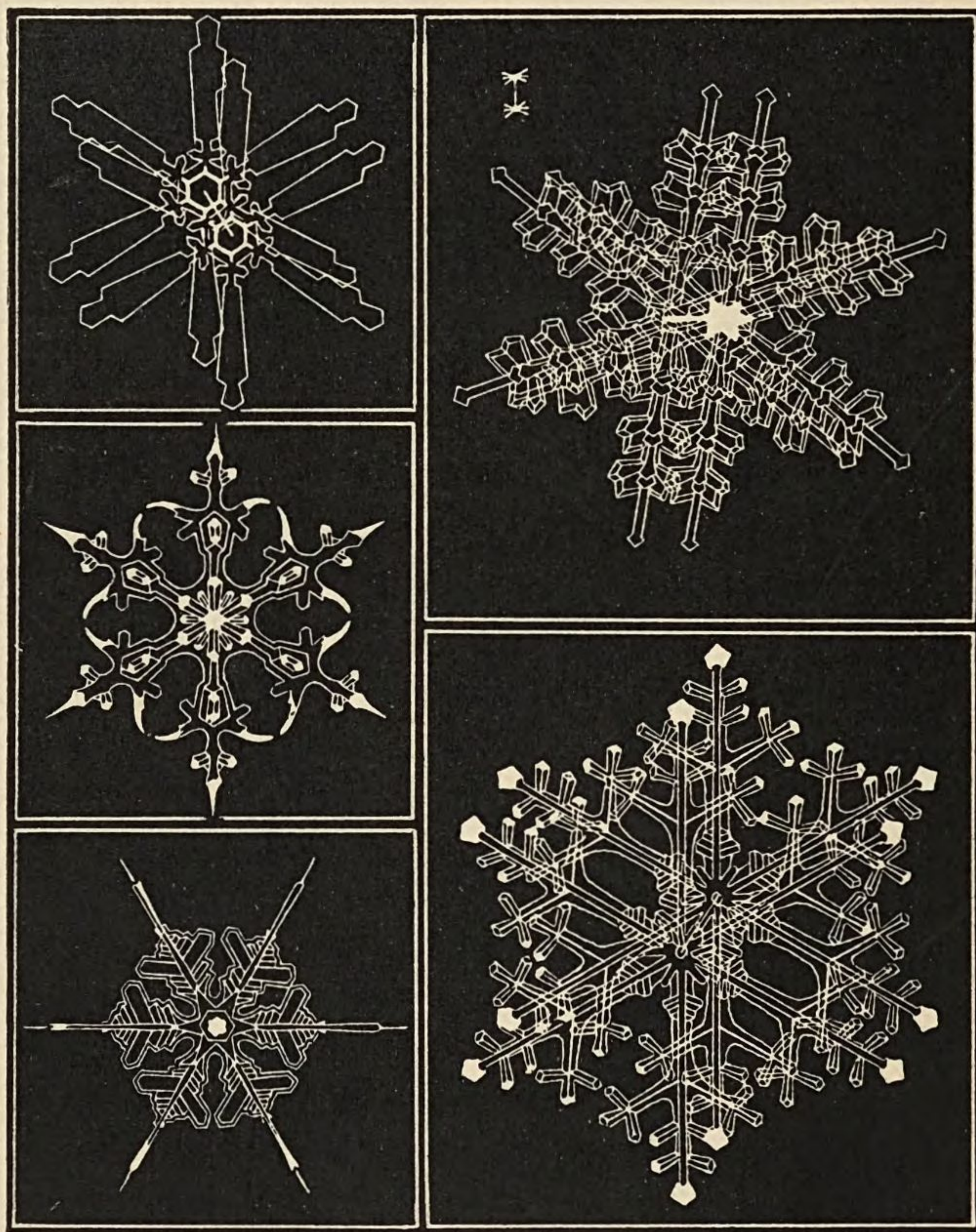


J. GLAISHER, 1855.

die Natur dem menschlichen Auge wohl nie darbietet. Es wäre möglich, dass einzelne Schneekrystalle im Augenblick ihrer Bildung so aussehen, wie sie GLAISHER abgebildet hat, aber in diesem Zustande bekommen wir sie höchst selten oder gar nicht zu sehen.

Es soll hieraus GLAISHER durchaus kein Vorwurf gemacht

werden. Er hat geleistet, was auf dem Wege der direkten Augenbeobachtung und Nachzeichnung überhaupt erreicht werden kann. Eine getreue Wiedergabe aller Details ist eben auf die Weise nicht möglich. Das sah ich nach mehrjährigen eigenen Bemühungen in dieser Richtung und nach dem Studium



J. GLAISHER, 1855.

der hier vorgeführten wichtigsten Arbeiten über die Schneekrystalle deutlich ein, und deshalb war es, wie ich schon Eingangs erwähnte, mein lebhafter Wunsch, mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen zu erhalten.

Ich will nun die ersten derartigen Mikrophotographien, sowie die Resultate meiner eigenen mikroskopischen Beobachtungen einer näheren Betrachtung unterziehen und schliesse

hiermit die historische Uebersicht, da die wenigen Arbeiten über Schneekrystalle, welche nach GLAISHER'S Abhandlung noch erschienen sind, in einer Anmerkung²²⁾ berücksichtigt werden.

Morphologie der Schneekrystalle.

Aus den von Herrn Dr. NEUHAUSS im Winter 1892/93 zu Berlin gemachten mikrophotographischen Aufnahmen von Schneekrystallen, die er für das vorliegende Werkchen freundlichst zur Verfügung gestellt hat, habe ich eine engere Auswahl getroffen und fünfzehn Aufnahmen auf den Tafeln I bis VIII reproduciren lassen. Die durch Lichtdruck hergestellten Tafeln II bis VIII lassen alle Details fast ebenso gut erkennen, wie die Photogravüre in Tafel I²³⁾, wenn auch natürlich beide Arten der Reproduction hinter den Originalen, an die ich mich beim Studium der Schneekrystalle immer gehalten habe, an Schärfe etwas zurückstehen. Indessen wird in den folgenden Zeilen kaum etwas zur Sprache kommen, das man nicht auch auf unseren Tafeln erkennen könnte. Sämmtliche Aufnahmen wurden bei durchfallendem Licht gemacht; die lineare Vergrößerung beträgt auf Tafel I und III 12, auf allen übrigen 20. Wegen der übrigen technischen Details verweise ich auf die Anmerkung²⁴⁾.

Schon eine flüchtige Durchsicht dieser Photographien, und erst recht ein genauerer Vergleich derselben mit den Zeichnungen von ENGELMAN, NETTIS, WILCKE, SCORESBY, GLAISHER und FRANKE lässt die grossen Unterschiede beider Darstellungsarten deutlich erkennen. Im ersten Augenblick wird man vielleicht gar nicht geneigt sein, den Photographien einen Vorzug vor den Zeichnungen einzuräumen. Man vermisst in jenen die absolute Regelmässigkeit und die vollkommene Symmetrie, welche allen Schneekrystallen SCORESBY'S und GLAISHER'S in so vollendeter Weise zu eigen ist. Man hatte sich an eine derartige mathematische Gesetzmässigkeit in der Ausbildung der Schneekrystalle nachgerade gewöhnt und ist nun

etwas enttäuscht, diese hier nicht vorzufinden. Allein gerade darin liegt ein Hauptvorzug der Photographien vor den Zeichnungen. Wir haben nun nicht mehr ideale Gestalten und schematische Figuren vor uns, sondern reelle Bilder, wie sie die Natur uns darbietet. Ja, man könnte sagen, trotz der eisigen Erstarrung des Gegenstandes sind es lebenswarme Naturbilder, die wir hier schauen.

Wir wollen nun untersuchen, was uns die mikrophotographischen Aufnahmen der Schneekrystalle, verbunden mit eigenen mikroskopischen Beobachtungen derselben, Neues lehren.

Aeussere Gestalt der Schneekrystalle. — Zunächst sind es die Abweichungen von der gesetzmässigen geometrischen Gestalt, die Unregelmässigkeiten und die Asymmetrien, welche unser Interesse in Anspruch nehmen. Spüren wir deren Ursachen nach, so finden wir zwei, welche vornehmlich in Betracht kommen können. Einmal nämlich werden die Schneekrystalle in ihrer regelmässigen Ausbildung sehr häufig von vornherein gestört, sodann erleiden sie mancherlei Störungen auf dem Wege von ihrem Ursprungsort bis zum Erdboden.

Wir wissen aus der Lehre von der Krystallisation, dass sich reguläre Krystalle nur dann bilden, wenn die dabei thätigen Molekularkräfte nach allen Richtungen ungehindert wirksam sein können. Nun wäre ja diese Bedingung in der freien Atmosphäre am ehesten erfüllt, wenn in ihr nahezu Gleichgewichtszustand vorherrschte oder doch nur eine gelinde Bewegung, die bekanntlich das Ausscheiden von Krystallen im Moment der Krystallisation befördert. Es bedarf aber keines weiteren Beweises, dass dies bei Schneefällen gewöhnlich nicht der Fall ist. Gerade in den oberen Luftschichten ist die Luft häufig stark bewegt, und selbst, wenn wir am Erdboden Windstille beobachten, wird es in den Regionen, wo sich die Schneekrystalle bilden, mehr oder weniger windig sein. So werden auf der dem Winde ausgesetzten Seite die ersten Unregelmässigkeiten in der Ausbildung der Schneekrystalle zu Stande kommen. Und die Erfahrung der Beobachter bestätigt dies; denn alle stimmen darin überein, dass sie bei möglichst ruhigem, windstillem Wetter die „schönsten“,

d. h. die regelmässigsten Schneekrystalle beobachten konnten. Dabei tritt allerdings schon die zweite der oben erwähnten Ursachen mit in Wirksamkeit, nämlich die Störungen beim Herabfallen vom Ursprungsorte bis zum Erdboden. Die Verletzungen und Deformirungen, welche auf einander prallende Schneekrystalle sich gegenseitig zufügen, müssen bei starkem Winde natürlich grösser sein, als bei schwachem. Andererseits wird die Wahrscheinlichkeit solcher Verletzungen um so geringer, einen je kürzeren Weg die Schneekrystalle beim Herabfallen zurückzulegen haben, in je geringeren Höhen sie sich also bilden. Und auch dafür spricht die Beobachtung; denn gerade dann, wenn sich aus tief liegendem Dunst oder Nebel, der den blauen Himmel durchscheinen lässt, vereinzelte Schneekrystalle ausscheiden, sind diese besonders regelmässig geformt, ein Vorgang, der bei uns nur selten, in den Polar-gegenden aber um so häufiger vorkommt.

Worin bestehen nun die Abweichungen vom Gesetz und die Deformationen, deren allgemeine Ursachen ich soeben zu skizziren versucht habe? Dreierlei Arten von Unregelmässigkeiten sind es, welche unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen: unvollkommene Ausbildungen, Verschiebungen und Asymmetrien. Unsere Photographien gestatten nicht nur diese Anomalien zu konstatiren, sondern auch messend zu verfolgen, was bei allen bisherigen Zeichnungen von Schneekrystallen ganz unmöglich war.

Von den nahezu 60 einzelnen Schneefiguren auf den Tafeln I bis VIII haben sich bei genauer Ausmessung der Dimensionen nur vier als fast ganz regelmässig erwiesen: vor allen der schöne Stern am unteren Rande von Tafel I, sodann das kleine sechsseitige Plättchen am oberen Rande von No. 9 (Tafel VI), nebenbei bemerkt, die kleinste aller Schneefiguren mit nur 0.3 mm Durchmesser, ferner das darunter befindliche Sechseck, dessen drei Durchmesser 0.782, 0.780, 0.745 mm Länge haben, und das sternförmige Plättchen (Garnwickel) am oberen Rand von No. 11 (Taf. VII) mit den Durchmessern 1.985, 1.985, 1.935 mm. Alle anderen Figuren weisen weit grössere Unterschiede in den Dimensionen auf. Bei den strahlenförmigen Sternen sind die Strahlen oder Radien ge-

wöhnlich von ungleicher Länge, ebenso wie die ihnen ansitzenden Seitenverästelungen oder Nebenstrahlen. Plättchen haben oft ungleiche Durchmesser und Seiten, sechsseitige Prismen nicht immer ganz parallele Endflächen. Die Ursache für die ungleiche Ausbildung der Hauptstrahlen, die doch Platz genug hätten, sich frei zu entwickeln, muss wohl in atmosphärischen Störungen der oben geschilderten Art gesucht werden, wenn auch partielle Abschmelzungen nicht ausgeschlossen sind; dagegen hindern sich die parallel zu den Hauptstrahlen verlaufenden Nebenstrahlen häufig gegenseitig selbst an gleichmässiger Entwicklung, namentlich in der Nähe des Stern-Mittelpunktes. Jedesmal nämlich, wenn aus irgend welchem Grunde ein Nebenstrahl weiter ausschiesst, als die Entfernung seines Ansatzpunktes am Hauptstrahl vom Mittelpunkte des Sternes beträgt, muss der vom zugewandten Hauptstrahl ausgehende symmetrische Nebenstrahl kleiner als jener bleiben. Vorzügliche Beispiele dieser gegenseitigen Behinderung in der Ausbildung der Nebenstrahlen findet man bei den Sternen in den Tafeln I—IV und VII.

Bei den sechseckigen Plättchen mit ungleichen Seiten lassen sich zwei Typen unterscheiden: längliche Sechsecke mit zwei längeren, einander parallelen Seiten und zwei Paar kürzeren, und Sechsecke, deren auf einander folgende Seiten abwechselnd gleiche Länge haben. Beispiele der ersteren Art sieht man an dem grossen Stern in No. 5 (Taf. IV) und bei den vier Sternen mit plättchenartiger Verbreiterung der Strahlenspitzen in No. 6 (Taf. IV); in allen fünf Fällen liegt das sechsseitige Plättchen excentrisch zum Mittelpunkte des Hauptsternes. Die Unterschiede zwischen der Länge der grösseren und der kleineren Seiten können ziemlich beträchtlich sein, wie z. B. bei dem Stern links oben in No. 6 (Taf. IV), wo die lange Seite reichlich doppelt so gross als die kurze ist (0.40 und 0.19 mm). Von den älteren Beobachtern der Schneekristalle hat anscheinend nur ROHRER diese länglichen Sechsecke bemerkt und abgebildet (Fig. 23 auf seiner Taf. I). Ein schönes Beispiel der zweiten Art irregulärer Sechsecke zeigt das Schneeplättchen links unten in No. 8 (Taf. V): das innere Sechseck mit scharfer

Umrandung hat abwechselnd Seiten von 0.9 und 0.7 mm Länge.

Verschiebungen, Verbiegungen und andere Deformationen sind fast auf jeder unserer Tafeln zu konstatiren; am auffälligsten erscheinen sie am grossen Stern der Taf. I und am oberen sechsseitigen Plättchen in No. 8 (Taf. V). Hier zeigt das innere Sechseck eine deutliche Deformirung, vielleicht in Folge einseitigen Abschmelzens im Entwicklungsstadium und nachheriger Neubildung, dort liegt wahrscheinlich ein äusserer mechanischer Eingriff vor, der den einen Hauptstrahl excentrisch verschoben hat. Jedenfalls muss dieser oder ein anderer, ähnlicher Vorgang vor der Bildung der Nebenstrahlen stattgefunden haben; denn sonst hätten die des verschobenen Hauptstrahles nicht so lang ausschliessen können.

Es erübrigt nun noch ein paar Worte über die Asymmetrien zu sagen, deren Vorhandensein ich gleich an einem Beispiel erläutern will.

In allen bisher veröffentlichten Zeichnungen sternförmiger Schneekrystalle gehen von denselben Punkten des Hauptstrahles nach beiden Seiten Nebenstrahlen von gleicher Länge aus, wodurch diese Figuren so überaus symmetrisch erscheinen. In Wirklichkeit ist dies aber sehr häufig gar nicht der Fall; denn abgesehen von der bereits besprochenen Ungleichheit in der Länge sind die Nebenstrahlen, um einen passenden botanischen Ausdruck zu gebrauchen, durchaus nicht immer „gegenständig“. Man vergleiche in dieser Beziehung die Sterne in Tafel I, II, IV und VII.

Eine andere Form der Asymmetrie besteht darin, dass diametral einander gegenüberstehende Theile ungleiche Ausbildung besitzen, wofür die Kombinationen der Stern- und der Plättchenform schöne Beispiele (Tafel I u. IV, No. 6) darbieten.

Vorstehende Auseinandersetzungen über die Abweichungen von der regelmässigen oder idealen Krystallgestalt mögen dem Krystallographen recht überflüssig erscheinen, weil er weiss, dass sie bei allen Krystallen häufig vorkommen. Es schien mir aber wichtig, diese Frage etwas näher zu beleuchten, weil gerade alle bisherigen Zeichnungen von Schneekrystallen durchaus regelmässige geometrische Figuren aufweisen.

Struktur der Schneekrystalle. — Ich gehe nun über zur Betrachtung der äusseren und der inneren Struktur der Schneekrystalle, welche wohl den wichtigsten Abschnitt dieses Versuches einer Morphologie derselben ausmacht. Auch hierbei leisten die mikrophotographischen Aufnahmen vortreffliche Dienste, weil sie dauernd festhalten und Jedermann zugänglich machen, was bei direkter mikroskopischer Beobachtung nur ein Einzelner sehen und erforschen kann, und auch dieser zumeist nur bruchstückweise, da die raschen Kontur- und Strukturveränderungen der Schneekrystalle eine längere direkte Beobachtung sehr erschweren und oft ganz unmöglich machen.

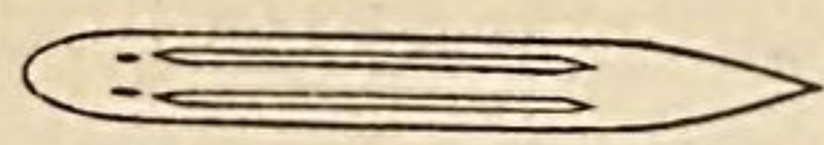
Es ist eigentlich befremdend, dass so vorzügliche Beobachter, wie SCORESBY und GLAISHER, von der inneren Struktur der Schneekrystalle nichts beobachtet oder doch wenigstens nichts veröffentlicht haben. Ausser einigen Bemerkungen über die Linien-Ornamentik im Innern tafelförmiger Schneefiguren enthalten ihre Schriften nichts über den eigentlichen Aufbau, über die Textur der Schneekrystalle. Ich möchte glauben, dass sie über dem Bestreben, möglichst viele Schneefiguren nachzuzeichnen, keine Zeit gefunden haben, die Strukturverhältnisse näher zu erforschen. Wir wollen nun versuchen, dies nachzuholen, und beginnen mit der einfachsten Form, dem sechsstrahligen Stern und dessen abgeleiteten Formen.

Wenn man einen solchen Schneekrystall aufmerksam unter dem Mikroskop betrachtet — der geneigte Leser möge dies mittelst eines guten Vergrösserungsglases in Tafel I, II, III, IV und VII thun —, wird man keineswegs den nach den alten Zeichnungen zu erwartenden „kleinen Eisbalken“ mit ebenflächiger Begrenzung vorfinden, sondern vielmehr eine Form von Eisnadeln, die in ihrem ganzen Habitus an die Rippen eines fiederförmigen Blattes sehr erinnert. Besonders charakteristisch scheint mir die stielförmige Art des Ansitzens der Hauptstrahlen am Centrum zu sein und die wegen ihrer krummflächigen Begrenzung deutlich sichtbare Verstärkungsrippe, welche sich längs des ganzen Hauptstrahles bis zu dessen Spitze verfolgen lässt. Aehnlich verhält es sich mit den Nebenstrahlen. Es wird daher gerechtfertigt sein, die

Ausdrücke der Botanik auf den vorliegenden Fall anzuwenden und von einer Hauptrippe oder Mittelrippe und von Seitenrippen der sternförmigen Schneekrystalle zu sprechen. Dass die Seitenstrahlen und somit auch die Seitenrippen nicht immer „gegenständig“ sind, wurde bereits oben erwähnt. Bisweilen tritt die Verstärkung der Hauptrippen nahe an ihrem Ansatzpunkte auf eine kurze Strecke von 0.2 bis 0.3 mm so sehr hervor, dass es aussieht, als ob ein kleiner Stern concentrisch auf dem grossen auflagerte. Bei den Nebenstrahlen ist dies sehr selten der Fall; zu beiden Seiten ihrer Rippen lagert sich aber häufig, und dann immer in der Ebene der drei Achsen des Sterns, Eis ab, wodurch die Nebenstrahlen das strahlige und nadelförmige Aussehen der Hauptstrahlen verlieren, und eher das von Federn annehmen. Gefiederter Stern (*stella pennata*) wäre daher eine passende Bezeichnung für diese Form von Schneekrystallen, welche in den grossen Sternen in No. 1 (Taf. II) und No. 5 (Taf. IV) gute Repräsentanten findet.

Das Merkwürdigste an der Struktur der Haupt- und der Nebenstrahlen besteht aber darin, dass sie kapillare Hohlräume enthalten. Bisher wusste man von der Existenz solcher Hohlräume nur in den Schneekrystallen, welche die Form sechsseitiger Prismen haben (Tafel VIII); schon im Jahre 1681 machte ROSSETTI und später WILCKE darauf aufmerksam. Es kann aber kein Zweifel darüber bestehen, dass auch alle anderen Formen von Schneekrystallen kapillare Hohlräume enthalten können. Ich beobachtete sie zum ersten Male bei einem plättchenartigen Schneekrystall, wo sie gewöhnlich etwas grösser sind und deshalb eher ins Auge fallen, aber auch in den Strahlen der Sternform sind sie deutlich nachweisbar. Es sind hier Hohlräume in Form kapillarer Röhrchen, die an den Enden spitz zulaufen und zu beiden Seiten der Rippen symmetrisch liegen. Der innere Abstand dieser parallel zu einander verlaufenden Kapillaren beträgt gewöhnlich zwei bis fünf Hundertstel Millimeter, und von dieser Grössenordnung ist auch die Weite der Röhrchen an ihrer dicksten Stelle. Eine schematische Figur der Haupt- oder Nebenstrahlen hat also umstehende Form, wie man am besten

an den Sternen in No. 1 und 5 erkennen kann. Besonders deutlich sieht man in den Photographien die auslaufenden



Spitzen dieser Kapillaren, welche dem Mittelpunkt des Sternes zugekehrt sind. Bisweilen liegen vor diesen Enden, genau in der Verlängerung der beiden Kapillaren, je zwei oder je vier winzig kleine Hohlräume in Bläschenform, welche man als erste Ansatzpunkte zur Bildung der Kapillarröhrchen betrachten kann; vgl. namentlich den einen Nebenstrahl des grossen Sternes in No. 5 und den grossen Stern mit centralem Hexagon in No. 6, wo diese Ansatzpunkte noch innerhalb des Sechseckes selbst liegen.

Es scheint mir ein glücklicher Umstand zu sein, dass ich in der Konstatirung dieser kapillaren Hohlräume, deren Existenz vielleicht Mancher zunächst noch bezweifeln wird, nicht allein dastehe. Herr G. NORDENSKIÖLD, der, wie ich bereits oben erwähnte²³⁾, fast zur selben Zeit, wie Herr NEUHAUSS, mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen zu Stockholm gemacht hat, konnte solche Hohlräume ebenfalls nachweisen, besonders deutlich an plättchenartigen Schneekrystallen, wo sie gewöhnlich besser sichtbar sind. Ein gutes Beispiel hierfür bietet der grosse Stern mit tafelförmigem Centrum links unten in No. 6 dar. An dem innersten Stern bemerkt man zwei in sich durchaus symmetrische Systeme von Hohlräumen: nämlich einmal langgezogene Blasen an der Innenseite der Kanten und mit ihren Längsachsen diesen parallel laufend — die sechs Paar Ameisen-eiern nicht unähnlich sehen —, sodann vor diesen in der Richtung nach dem Centrum und auf ihnen senkrecht stehend, also fast radial verlaufend, je ein Paar ähnlicher, doch kleinerer Hohlräume. Häufig schrumpfen diese bei den plättchenartigen Schneekrystallen zu blossen Punkten zusammen, wie man rechts oben in No. 8 deutlich erkennen kann. Es könnte vielleicht Jemand einwenden, dass dies bloss Schmelzpunkte sind; allein dagegen spricht schon das Aussehen — Schmelzpunkte, die man namentlich in Tafel II vielfach antrifft, sehen ganz anders aus —, sowie die symmetrische Anordnung derselben, die keineswegs auf blossen Zufall beruhen kann.

Ist es nun nicht höchst interessant, dass sich diese kapillaren Hohlräume, welche, wie eben bemerkt wurde, gerade bei plättchenartigen Schneekrystallen am deutlichsten auftreten, in den schönen Zeichnungen nachweisen lassen, welche ROSSETTI in Turin vor mehr als zwei Jahrhunderten gemacht hat? Die auf S. 17 gegebene Probe seiner Zeichnungen zeigt schon zwei Beispiele (No. 5 und 10) dafür und seine Figuren 11, 19 und 29 sind in dieser Hinsicht ebenso charakteristisch. Dieser Umstand spricht nicht wenig für die Gewissenhaftigkeit und das Beobachtungstalent von ROSSETTI. Derselbe war sich auch dieser Eigenthümlichkeiten im Aufbau jener von ihm „Rosetten“ benannten Schneekrystalle wohl bewusst; wegen ihres starken Glanzes nennt er sie „gioie“, d. h. Edelsteine, und stellt allerhand Betrachtungen über sie an, ohne indessen die richtige Deutung zu finden. Von den späteren Zeichnungen, welche solche Hohlräume erkennen lassen, sind nur die von WATERS^{22e}) zu nennen (Fig. C u. N), während die nahezu 250 Figuren von SCORESBY und GLAISHER nichts Derartiges verrathen.

Diese kapillaren Hohlräume, welche in allen Formen von Schneekrystallen vorkommen können, scheinen mir eines der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale der Schneekrystalle von anderen Eisbildungen zu sein, die sich bekanntlich sämmtlich ins hexagonale System einfügen. So oft ich die Frostfiguren an Fensterscheiben, den Reif und den Rauhreif studirt habe, niemals habe ich etwas von dergleichen Hohlräumen an ihnen entdecken können; und doch sieht manche solche farrenkrautartige Eisbildung einem gefiederten Schneestern äusserlich sehr ähnlich. Auch alle übrigen Beobachter der Frost- und Reiffiguren haben nichts Derartiges bemerkt²⁵). Dagegen weist bekanntlich das gewöhnliche, aus gefrorenem Wasser entstandene Eis sehr häufig Luftblasen auf.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der plättchenförmigen Schneekrystalle, welche ganz besondere Erwähnung verdient, besteht in dem häufigen Auftreten von schmalen Facetten an ihren Kanten. Ich habe sie nur zweimal direkt beobachtet bei Krystallen, welche mit der Kante auffielen, aber der dunkle Rand an den tafelförmigen Plättchen in No. 6, 8, 9

und 11 beweist, dass sie viel häufiger auftreten. Sehr gut entwickelt erscheinen sie z. B. an dem Tafelstern in No. 11, der prächtige Kannelirungen zeigt und das schönste Modell für ein Garnwickel abgiebt; auch die beiden linken Plättchen in No. 9 haben schöne Facetten. Leider ist es nie möglich gewesen, den Winkel zu messen, welchen die Facetten mit einander bilden. KÄMTZ, der von einer ähnlichen Beobachtung berichtet, giebt auch eine schematische Zeichnung von dem vertikalen Schnitt eines solchen facettirten Schneekrystalles, aus der bereits GALLE²⁶⁾ und BRAVAIS Schlüsse für die Theorie der Ringe um Sonne und Mond gezogen haben.

Die von dem erstgenannten Forscher für eben diese Theorie schon 1840 geforderte Existenz sechsseitiger Prismen mit facettenartig abgestumpften Kanten der Endflächen war bisher noch nie wirklich beobachtet worden. Unsere Figur 14 lehrt aber, dass sie in der That vorkommen, wenn auch vielleicht nur selten in der geometrischen Regelmässigkeit, wie sie GALLE schematisch entwarf (vgl. Fig. 2, Taf. I seiner in der Anmerkung 26 genannten Abhandlung). Viel häufiger sind jedenfalls die sechsseitigen Prismen mit geraden Endflächen (senkrecht zu den Seitenflächen), sowie solche, welche an den Endflächen regelmässige hexagonale Plättchen tragen. Von beiden Arten enthält die Tafel VIII vorzügliche Beispiele, während die auf derselben vorkommenden Konglomerate und Bruchstücke unsere obigen Betrachtungen über gegenseitige Verletzungen der Schneekrystalle recht gut illustriren. Auch sechsseitige Prismen, deren eine Endfläche regulär ist bzw. ein etwas grösseres, concentrisches Plättchen hat, während das andere Ende zugespitzt oder stark facettirt ist, gehören nicht zu den Seltenheiten. In No. 14 sieht man mehrere derselben mit dem zugespitzten Ende so zusammengewachsen, dass sie gewöhnliche sechsseitige Prismen mit parallelen Endflächen zu bilden scheinen, welche in der Mitte der Seitenflächen etwas eingeschnürt sind. ABICH und SECCHI haben solche Prismen mit pyramidaler Zuspitzung auch beim Hagel wahrgenommen²⁷⁾.

In all diesen prismatischen Formen giebt es gleichfalls Hohlräume, die, wie gesagt, schon ROSSETTI und WILCKE kannten. Ihre Gestalt und Lage lässt sich aus unseren Licht-

drucken freilich nicht erkennen, aber auf den Diapositiven sieht man, was auch die direkte Beobachtung unter dem Mikroskop lehrt, dass der Hohlraum in der Richtung der Hauptachse liegt und in der Mitte manchmal etwas eingeschnürt ist. Andeutungsweise wenigstens sieht man dies an den Prismen rechts oben in No. 13 und rechts unten in No. 14, wo die hellen Linien die Konturen der Hohlräume theilweise verrathen. Bisher nahm ich an, dass diese Hohlräume nur Luft enthalten. Nun hat aber Herr G. NORDENSKIÖLD am 8. Februar dieses Jahres zu Stockholm die höchst interessante Beobachtung gemacht, dass die an diesem Tage gefallenen Eisprismen (mit verhältnissmässig langer Hauptachse) zugleich Luft und Wasser enthielten, obwohl die Temperatur -8° betrug²⁸⁾. —

Schöne Beispiele von Zwillingsbildungen und Parallelverwachsungen, die schon DESCARTES, ROSSETTI und WILCKE abgebildet haben, enthalten die Tafeln III (No. 4), V (No. 7 u. 8) und VIII; sie bieten aber nichts Neues dar. Dagegen dürften die blumenkohlartigen Gebilde in No. 10 und 12 neu sein²⁹⁾. Dieselben sind vermuthlich so entstanden, dass richtige Schneekrystalle beim Herabfallen in eine Luftschicht geriethen, in der sich unterkaltete Wassertröpfchen befanden, die bei der Berührung mit dem Schneekrystall zu amorphem Eis erstarrten.

Grösse der Schneekrystalle. Abhängigkeit der Grösse und der Form von der Temperatur. — Wie ich schon oben hervorhob, besteht ein grosser Vorthail der Photographien darin, dass man auf ihnen hinterher in aller Ruhe die Dimensionen der Schneekrystalle ausmessen kann, während man beim direkten Beobachten unter dem Mikroskop solche Messungen rasch austühren muss. Es fehlte bis jetzt durchaus nicht an Maassangaben über die Schneekrystalle, aber es war doch gut, diese durch möglichst genaue Messungen zu kontrolliren und einige noch strittige Punkte von neuem zu untersuchen.

Es war mir schon bei meinen eigenen Beobachtungen, insbesondere beim Zeichnen von Schneefiguren im Winter 1882/83, aufgefallen, dass die rein sternförmigen Schneekrystalle durchschnittlich grösser waren, als die mehr plättchenförmigen. Aus 18 bzw. 10 Messungen ergab sich

für die ersteren ein mittlerer Durchmesser von 2.8, für die letzteren aber nur ein solcher von 1.9 mm. Auch habe ich Plättchen nie so gross gesehen, als Sterne bisweilen werden können. Was lehren uns nun in dieser Beziehung die Mikrophographien? Ich unterschied, entsprechend der im folgenden Abschnitt zu erörternden Eintheilung der Schneekrystalle, 1) strahlige Sterne, 2) strahlige Sterne mit plättchenartiger Verbreiterung der Spitzen und 3) Plättchen, und fand

	1)	2)	3)
Zahl der Fälle	22	10	22
Mittlerer Durchmesser	2.35	1.57	1.32 mm,

also eine vollkommene Bestätigung meiner vor 11 Jahren gemachten Beobachtung. Die grösste in unseren Mikrophographien vorkommende Schneefigur ist der rudimentäre Stern in No. 2 (Taf. II) mit 7.2 mm Durchmesser, die kleinste das zierliche Plättchen in No. 9 (Taf. VI), dessen Durchmesser nur 0.3 mm beträgt. SCORESBY giebt etwas höhere Grenzen an: $\frac{1}{3}$ inch oder 8.46 mm (Stern in Fig. 1) und $\frac{1}{35}$ inch oder 0.73 mm (Plättchen in Fig. 30)³⁰). Da dieser gründliche Forscher bei allen seinen Schneefiguren die Grösse angiebt, liess sich auch bei diesen das Grössenverhältniss der Sterne und der Plättchen ermitteln. Ich fand für erstere einen mittleren Durchmesser von 2.2 und für letztere von 1.3 mm, also merkwürdigerweise Zahlen, die von den obigen nur sehr wenig abweichen. Da auch die von ROHRER gemachten Maassangaben ähnliche Unterschiede ergeben, kann man die That-
sache als sicher ansehen, dass strahlig-sternförmige Schneekrystalle durchschnittlich einen grösseren Durchmesser haben, als plättchenförmige. Nimmt man nun an, dass zum Aufbau von Schneekrystallen beiderlei Form — *caeteris paribus*, also vornehmlich bei gleicher Lufttemperatur — dieselbe Wasserdampfmenge gebraucht wird, so versteht man leicht, dass die kompakte Plättchenform kleiner ausfallen muss, als die strahlige Sternform. Ja, die Rechnung³¹) lehrt, dass das Verhältniss der Durchmesser beider Formen von derselben Grössenordnung ist, welche die eben erwähnten Messungen ergaben; denn aus einem regulären Sechseck von 1 mm Durchmesser könnte man einen einfachen Stern von etwa 2.2 mm Durchmesser bilden.

Ueber die Dimensionen der sechsseitigen Prismen lassen sich so genaue Angaben nicht machen, wie bei den stern- und plättchenförmigen Schneekrystallen, weil die Zahl der Beobachtungen viel geringer ist. Die Prismen auf Tafel VIII haben eine Länge von 0.4 bis 0.5 mm, während ihr Durchmesser nicht ganz halb so gross ist. Bei einem und demselben Schneefall pflegt das Verhältniss der Länge zur Dicke dasselbe zu bleiben. Der numerische Werth desselben geht unter 1 nur höchst selten herab, er kann aber auch 5 betragen; ja, bei den langen Spiessen, welche man häufig beobachtet und die derselben Grundform angehören, ist er noch viel grösser.

Eine zweite genauere Untersuchung bedürftige Frage ist die nach der Abhängigkeit der Grösse der Schneekrystalle von der Temperatur. SCORESBY wusste schon von den Schneekrystallen in Form regulärer Sechsecke, dass „sie zarter und dünner werden sowie an Grösse abnehmen, wenn die Kälte zunimmt“. Auch anderen aufmerksamen Beobachtern war die Abnahme der Dimensionen der Schneekrystalle mit zunehmender Kälte nicht entgangen; namentlich FRITSCH und ROHRER konnten dies bestätigen. Ich selbst machte während meiner eigenen Beobachtungen dieselbe Wahrnehmung, namentlich im Winter 1882/83, wo ich viele Messungen an Schneesternern vornahm: bei rund -10° C. waren diese etwa dreimal kleiner als bei -2° C. Die Mikrophotographien, welche genauere Ausmessungen erlauben, liefern nun ganz analoge Resultate. Es lohnte sich nur für die am zahlreichsten vertretene Grundform, die strahligen Schneesterne, eine solche Zusammenstellung zu machen. Dabei ergab sich folgende Beziehung:

Temperatur	Mittlerer Durchmesser	Zahl der Fälle
-6° C	3.4 mm	10
-8 „	2.2 „	6
-12 „	1.2 „	6

Die Erklärung für diese Thatsache ist sehr einfach: mit abnehmender Temperatur nimmt der Wasserdampfgehalt der Luft und damit, unter übrigens gleichen Umständen, auch die Grösse der Schneekrystalle ab. In der That erfolgt diese Abnahme des Wasserdampfes mit der Temperatur ungefähr

in demselben Verhältniss, wie der Durchmesser der Schneekrystalle; denn ein Kubikmeter gesättigter Luft enthält bei

—6° C	—8° C	—12° C
3.2	2.7	2.0

Gramm Wasserdampf.

Hieraus erklärt sich auch die ausserordentliche Kleinheit vieler polarer Schneeformen („Diamantstaub“), sowie deren geringe Ergiebigkeit an Schmelzwasser. Schneefälle bei —20 bis —40° C. sind in den arktischen Regionen nichts Seltenes; bei —30° C. beträgt jedoch das Gewicht des in einem Kubikmeter gesättigter Luft enthaltenen Wasserdampfes nur noch 0.5 Gramm.

Diese Abhängigkeit von der Temperatur erstreckt sich aber nicht bloss auf die Grösse der Schneekrystalle, sondern auch auf ihre Gestalt. Schon frühzeitig begegnen wir bei den Schriftstellern über die Schneekrystalle der Behauptung, dass gewisse Formen bei bestimmten Temperaturen mit besonderer Vorliebe oder gar ausschliesslich auftreten. Doch sind die Meinungen bisweilen einander ganz widersprechend, so dass noch in neuerer Zeit FRITSCH und TISSANDIER³²⁾ einen solchen Zusammenhang in Abrede stellten, da alle von ihnen beobachteten Formen sowohl bei hohen wie bei tiefen Temperaturen vorgekommen seien. Das ist ganz richtig; auch nach meinen eigenen Aufzeichnungen ist der Spielraum der Temperatur für alle Formen ein sehr grosser, man sieht Schneesterne und Schneeplättchen sowohl bei Temperaturen um 0° als auch bei sehr tiefen. Allein, wenn man untersucht, welche Form bei verschiedenen Temperaturstufen die vorherrschende ist, findet man doch eine gewisse Gesetzmässigkeit heraus. Behält man wieder die oben getroffene Gruppierung bei, nämlich 1) strahlige Sterne, 2) Sterne mit plättchenartiger Verbreiterung der Strahlenspitzen und 3) Plättchen, so ergibt sich aus den mikrophotographischen Aufnahmen folgende procentische Vertheilung bei verschiedenen Temperaturstufen:

	1)	2)	3)	Zahl der Fälle
—6 bis —7.5° C	52%	22%	26%	31
—9 bis —12.5 „	24 „	19 „	57 „	21,

woraus also deutlich hervorgeht, dass mit abnehmender Tempe-

ratur die Häufigkeit der Plättchenform zu- und die der Sternform abnimmt. Beachtung verdient hierbei auch die Thatsache, dass DOGIEL¹⁸⁾ bei seinen Versuchen, die Gestalten der Schneekrystalle aus Jodoform künstlich zu erzeugen, zu einem ganz ähnlichen Ergebniss gelangte. Er sagt darüber wörtlich: „Bei meinen Versuchen erhielt ich vorherrschend tafelförmige Krystalle, wenn die heisse, im Probirröhrchen enthaltene alkoholische Lösung, die 15—30⁰/₀ Jodoform enthielt, in Wasser von 14—15⁰ C. auf zehn Minuten gestellt wurde. Sternförmige, oft sehr complicirte Krystallgruppen schieden sich dagegen aus, wenn das zum Erkalten der Lösungen genommene Wasser eine Temperatur von 26—27⁰ C. hatte.“

Neue Eintheilung der Schneekrystalle.

Im Laufe der Jahre, in denen ich mich mit den Schneekrystallen beschäftigt habe, bin ich theils durch meine eigenen, theils durch die von Anderen gemachten und publicirten Beobachtungen dazu geführt worden, eine neue Eintheilung der Schneekrystalle aufzustellen.

SCORESBY, dessen oben auseinandergesetztes Eintheilungssystem fast überall Eingang gefunden hat, nahm, wesentlich nach der äusseren Gestalt, fünf Grundformen an, die er als gleichberechtigt neben einander stellte. Mir schien es zweckmässiger, da es sich ja um Schneekrystalle handelt, bei ihrer Eintheilung auch krystallographische Grundsätze mehr zur Geltung zu bringen.

Alle Theile eines Krystalls liegen bekanntlich regelmässig oder symmetrisch um ein Kreuz von Linien oder Achsen, die man sich durch den Mittelpunkt des Krystalls gezogen denkt und die in je zwei einander gegenüber liegenden Flächen, Kanten oder Ecken übereinstimmend endigen. Das hexagonale System, zu welchem die Schneekrystalle gehören, besitzt drei gleiche Achsen, welche sich in derselben Ebene unter Winkeln von 60⁰ schneiden, während die vierte Achse jenen dreien nicht gleich ist und in ihrem Schnittpunkte auf ihnen senk-

recht steht. Diese letztere, welche wir uns senkrecht denken wollen, heisst die Hauptachse, und die drei anderen, welche alsdann in einer horizontalen Ebene, der Haupt-Symmetrieebene, liegen, nennt man Neben- oder Querachsen.

Weitaus die Mehrzahl aller Schneekrystalle, so verschieden auch ihr specieller Ausbau sein mag, besitzt nun die gemeinsame Eigenschaft, eine vorherrschende Flächenentwicklung in der Haupt-Symmetrieebene aufzuweisen, während bei den anderen die Ausbildung nach allen vier Achsen ziemlich gleichmässig erfolgt. Jene machen auf den Beschauer einen flächenartigen oder tafelförmigen, diese einen körperartigen oder säulenförmigen Eindruck. Bei den flachen Gebilden der ersten Art beträgt die Länge der Hauptachse, d. h. die Dicke des Schneekrystals, gewöhnlich nur den zehnten, zwanzigsten oder dreissigsten, ja bisweilen sogar nur den achtzigsten Theil von derjenigen der Nebenachsen, während bei den Schneekrystallen der zweiten Art die Hauptachse meist etwas länger als die Nebenachse ist.

Innerhalb dieser beiden Hauptarten unterscheide ich sodann, wesentlich nach der geometrischen Figur, die sie aufweisen, mehrere Unterarten und gelange so zu folgendem Schema:

I. Tafelförmige Schneekrystalle, d. h. solche mit vorherrschender Flächenentwicklung in der Ebene der Nebenachsen (N), bei denen also die Länge der Hauptachse (H) sehr klein ist; $\frac{H}{N}$ gewöhnlich kleiner als 0.1.

1. Strahlige Sterne.
2. Plättchen.
3. Kombinationen von beiden.

II. Säulenförmige Schneekrystalle, d. h. solche mit ziemlich gleichmässiger Entwicklung nach den vier Achsen; $\frac{H}{N}$ gewöhnlich $\geq \frac{1}{5}$.

1. Prismen.
 2. Pyramiden.
 3. Kombinationen von tafel- und säulenförmigen Krystallen.
- Ich benutze also, wie man sieht, als Eintheilungsprincip

das Verhältniss der Länge der Hauptachse (H) zu derjenigen der Nebenachsen (N) oder die Grösse des Quotienten $\frac{H}{N}$. Bei dem ersten Typus ist der numerische Werth desselben gewöhnlich kleiner als 0.1, bei dem zweiten schwankt er meistens zwischen 1 und 5.

Wie jeder auch nur einigermaassen aufmerksame Beobachter weiss, gehören dem ersten Typus weitaus die meisten aller Schneekrystalle an. Ja, man kann sagen, dass das grosse Publikum unter Schneekrystallen nur solche dieser Art versteht und die der zweiten gar nicht kennt. Nach meinen eigenen Aufzeichnungen bilden die stern- und plättchenförmigen Figuren, sowie deren Kombinationen, nahezu 80 Procent aller überhaupt beobachteten Formen. Auch in den Polarregionen scheint ein ähnliches Häufigkeitsverhältniss zu bestehen; denn unter den von SCORESBY gegebenen 96 Figuren befinden sich nur 7, welche der zweiten Hauptart zugehören. ROHRER, welcher bei einer analogen Gruppierung der von ihm beobachteten Formen die Temperatur berücksichtigt, findet sogar bei tiefen Temperaturen ein noch grösseres Vorwalten der ersten Hauptart, nämlich 90 Procent. Lässt man indessen die Temperatur ausser Acht, so berechnet sich aus der von ihm gegebenen Tabelle, unter Weglassung der „Klumpchen“, die ja nur Aggregate verschiedener Krystalle sind, für die Schneefiguren der ersten Hauptart ein Antheil von 73 Procent. Man wird also mit ziemlicher Annäherung an die Wahrheit sagen können, dass rund drei Viertel aller Schneefiguren dem ersten Typus angehören.

Es mögen nun noch einige Erläuterungen über die in obigem Eintheilungsschema unterschiedenen Unterarten hier Platz finden.

I 1. Strahlige Sterne. — Der einfache sechsstrahlige Stern mit sechs einspringenden Winkeln von 60^0 bildet die Grundform (Taf. I, IV, V), die ungefähr ebenso häufig vorkommt, wie die abgeleitete Form: sechs Hauptstrahlen, an die sich eine grössere Zahl von Nebenstrahlen unter Winkeln von 60^0 ansetzen (Taf. I, II, IV, VII). Diese Nebenstrahlen laufen indessen nicht immer spitz zu, wie die Hauptstrahlen,

sondern haben vielfach das Bestreben, sich plättchenartig zu verbreitern; so zeigt z. B. der grosse Stern in Tafel I das gleichzeitige Vorkommen von spitz zulaufenden und von sich verbreiternden Nebenstrahlen.

Beide Formen, die einfache Grundform und deren Ableitung, zeigen sich am häufigsten, wenn die Temperatur nur wenige Grade unter Null liegt. Die abgeleitete Form weist die grössten bisher beobachteten Schneekristalle auf.

I 2. Plättchen. — Die Grundform ist das einfache regelmässige Sechseck (Taf. VI, No. 9; Taf. VIII, No. 14) mit sechs ausspringenden Winkeln von 120^0 ; kommt nicht häufig vor und ist gewöhnlich sehr klein. Die Kanten haben oft kleine Facetten, und im Innern des Sechsecks kann man stets symmetrisch angeordnete Linien oder Verstärkungsrippen wahrnehmen. Reguläre sechseckige Plättchen ohne diese zierliche Linien-Ornamentik, wie sie noch SCORESBY und GLAISHER abbilden, habe ich nie beobachtet; dagegen fehlt sie zumeist bei den dünnen Eislamellen in Form länglicher Sechsecke, welche in der Mitte von Sternen sitzen (Taf. IV) oder auch einzeln herabfallen; vgl. oben S. 26.

Die abgeleiteten Formen zeigen entweder mehr oder minder spitze Ansätze an den Ecken des Sechsecks in der Richtung der drei Achsen (Taf. V, No. 8; Taf. VI, No. 9) oder, bei verhältnissmässig kleinem Kern, lange plättchenartige Ansätze, die dann dem Ganzen ein sternförmiges Aussehen verleihen (Taf. I, links unten). Eine dritte abgeleitete Form zeigt der Stern in Taf. VII, welcher einem Garnwickel sehr ähnlich sieht. Man kann sich denselben aus drei länglichen Sechsecken zusammengelegt denken: auf einen einspringenden Winkel von 60^0 folgt ein ausspringender von 120^0 . Häufig, wenn auch in unseren Tafeln nicht vertreten, ist die Sternfigur, die man sich aus zwei über einander gelegten gleichseitigen Dreiecken entstanden denken kann, in welcher also abwechselnd ein ausspringender Winkel von 60^0 und ein einspringender von 120^0 auf einander folgen (z. B. Fig. 20 bei SCORESBY). Alle diese abgeleiteten Figuren erster Ordnung können durch weitere Ansätze und Fortbildungen zu solchen

zweiter Ordnung werden, die zu beschreiben eine gar müssige Arbeit wäre.

Sämmtliche plättchenförmige Schneekrystalle kommen am häufigsten bei niedrigen Temperaturen vor und bleiben in ihren Dimensionen gewöhnlich hinter den strahligen Sternen zurück.

I 3. Kombinationen der strahligen Stern- und der Plättchenform. — Weitaus die Mehrzahl aller Schneefiguren gehört dieser Gruppe an. Im Allgemeinen kann man sagen, dass diejenige Form in der Kombination überwiegt, welche den Ausgangspunkt, d. h. das Centrum, bildet.

Am meisten erinnern an die Sternform diejenigen Sterne, deren Haupt- und Nebenstrahlen nicht spitz auslaufen, sondern sich plättchenartig verbreitern, d. h. an deren Spitzen sich langgezogene Sechsecke ausbilden, bei denen natürlich nur das eine Paar der kurzen Seiten entwickelt sein kann (Taf. I, unten und links zur Seite; Taf. III, No. 3, unten; Taf. IV, No. 6 rechts unten; Taf. V, No. 7, der zwölfstrahlige Stern; Taf. VII, No. 11). Haben diese unvollständigen Sechsecke an den Enden der Hauptstrahlen gleich lange Seiten, dann tritt der plättchenartige Charakter schon weit mehr hervor; vergl. z. B. Taf. I und Taf. IV, No. 6. Die Figur in Taf. I, rechts unten, welche krummlinige Begrenzung der Sechsecke aufweist, kannte schon ROSSETTI; er gab ihr den Namen „Rosette mit Gänsefüssen“ (*rosetta a piè d'oca*).

Umgekehrt setzen sich häufig an plättchenförmige Kerne in der Verlängerung ihrer drei Achsen Strahlen und an diese wieder Nebenstrahlen an (Taf. III, No. 3; Taf. IV, No. 6; Taf. VII, No. 11).

Die Mannigfaltigkeit dieser Kombinationen, welche namentlich in den Zeichnungen von FRANKE und GLAISHER gut vertreten sind, ist schier unendlich und kann füglich nicht beschrieben werden.

II 1. Prismen. — Die Grundform bildet das reguläre sechsseitige Prisma (Protoprisma), welches in Taf. VIII mehrfach vertreten, aber sonst nur selten beobachtet worden ist. Als abgeleitete Formen betrachte ich die Prismen mit Facettenbildung an den Kanten der geraden Endflächen sowie die

hemimorphen Prismen, welche eine gerade Endfläche besitzen, während das andere Ende pyramidal zugespitzt ist. Letztere Form scheint zum ersten Male, wenn auch nicht ganz rein, von ROHRER (1859) und sodann von A. E. VON NORDENSKIÖLD und von KORSAKOFF³³⁾ (1862) beobachtet worden zu sein.

Die Höhe dieser Prismen ist selten kleiner als der Durchmesser der Basis. Bei den von mir beobachteten Prismen (6 Fälle) schwankte das Verhältniss der Länge zur Dicke zwischen 1.5 und 4.5. Rechnet man aber die feinen Spiesse, welche, nicht unähnlich einem Stück weissen und rauhen Haares, bei geringen Kältegraden manchmal massenhaft fallen, mit zu dieser Gruppe, da sich die dickeren unter dem Mikroskop in der That als prismatisch erweisen, so muss man für jenes Verhältniss von Länge zu Dicke sehr viel grössere Werthe annehmen. Diese prismatischen Spiesse stellen hinsichtlich der Entwicklung nach den Achsen das entgegengesetzte Extrem von den strahligen Sternen vor: bei diesen herrscht die Entwicklung nach den Nebenachsen, bei jenen die nach der Hauptachse so sehr vor, dass man sie fast als eine lineare Form von Schneekrystallen betrachten kann.

Ueber die Häufigkeit des Vorkommens der sechsseitigen Eisprismen wissen wir noch wenig; da aber ihr Vorhandensein in der Atmosphäre bekanntlich zur Erklärung der Ringe um Sonne und Mond sowie der damit in Verbindung stehenden Lichterscheinungen vorausgesetzt wird, so müssen dieselben sehr viel öfter vorkommen, als sie auf der Erde wirklich beobachtet worden sind³⁴⁾.

II 2. Pyramiden. — Dies scheint die seltenste aller Formen von Schneekrystallen zu sein. Ich selbst habe sie nie gesehen, aber SCORESBY berichtet, sie ein einziges Mal beobachtet zu haben (siehe oben S. 19 Fig. 44). Auch eine Abart davon, eine dreiseitige Pyramide, will dieser Forscher gesehen haben (Fig. 47); doch ist es ihm selbst zweifelhaft, ob die Grundfläche ein Dreieck oder ein Sechseck mit drei langen und drei sehr kurzen Seiten, also eine dreiseitige Pyramide mit abgestumpften Seitenkanten war. ROHRER will ebenfalls Pyramiden beobachtet haben, die „nur als grosse Selten-

heit unter den Nadeln vorkommen“; seine Figur 6 würde am ehesten hierher passen.

Die ausserordentliche Seltenheit der Pyramiden und das häufigere Vorkommen der Prismen rechtfertigt also den Namen der zweiten Hauptgruppe: säulenförmige Schneekrystalle.

II 3. Kombinationen von säulen- und tafelförmigen Krystallen. — Zwei einander parallele tafelförmige Schneekrystalle sind durch eine sechsseitige Pyramide so mit einander verbunden, dass alle drei Figuren eine gemeinsame Hauptachse haben.

Ist das Verbindungsprisma verhältnissmässig dünn (spiessartig), dann treten die tafelförmigen Figuren stark hervor, und es sieht aus, als ob zwei Räder durch eine Achse verbunden wären. Diese Kombination beobachteten schon DESCARTES und BARTHOLINUS; man vergleiche auch auf S. 22 die schematische Figur von GLAISHER und unsere Tafel V. Ist aber das Prisma fast ebenso dick als der Durchmesser der an den Endflächen aufsitzenden tafelförmigen Schneekrystalle, dann dominirt im Aussehen weitaus das Prisma. Eine derartige Kombination, die schon WILCKE beobachtete (seine Fig. 18) und die in unserer Tafel VIII mehrfach vertreten ist, sieht einem Messerbänkchen aus gegossenem Glase, wie solche bei uns in den Handel kommen, sehr ähnlich.

Auch über die Häufigkeit dieser Kombinationsform ist wenig bekannt; doch scheint dieselbe nicht so selten zu sein, wie man aus den Angaben SCORESBY's, der sie nur zweimal gesehen hat, schliessen dürfte; sie ist mir im Laufe der Jahre wiederholt vorgekommen. —

Auf die im Vorstehenden skizzirten vier Grundformen (strahlige Sterne, Plättchen, Prismen und Pyramiden) lassen sich meines Wissens alle Formen von Schneekrystallen zurückführen. Allerdings giebt es noch eine grössere Zahl von Schneefiguren, die in unserem Schema nicht enthalten sind; allein diese repräsentiren keine Grundformen, sondern sind nur Aggregate oder Konglomerate von solchen. Deshalb haben sie auch zumeist nur das Aussehen von krystallinischen Bildungen, nicht von Krystallen.

Hierher rechne ich in erster Linie die rundlichen Formen:

Schneepünktchen und Schneekügelchen, welche letztere von Graupelkörnern kaum unterscheidbar sind. Sie fallen, wie diese, häufig bei unruhigem, böigem Wetter, wenn die Temperatur nur wenig unter oder über null Grad liegt. Bisweilen haben diese Kügelchen ein stachliges oder igelförmiges Aussehen, einfach deshalb, weil aus dem Konglomerat von kleinen Schneesternchen einzelne Spitzen herausragen (SCORESBY machte aus dieser Form eine eigene Klasse 2^a). Es kann auch vorkommen, dass sich an der Fläche eines plättchenartigen Schneekrystalles kleine Spitzen unter Winkeln von 60° ansetzen, wie z. B. SCORESBY, KÄMTZ³⁵) und neuerdings SOWERBY WALLIS³⁶) beobachtet haben.

Auch die von ROHRER als eigene Gruppe unterschiedenen „Klumpchen“ sind, wie schon der Name sagt, nichts anderes als verworrene Zusammenhäufungen von allen möglichen Schneekrystallen und von Eistrümmern.

Entstehung der Schneekrystalle.

Dieser kurze Abschnitt enthält mehr Vermuthungen als Thatsachen. Ich hätte ihn darum lieber gar nicht geschrieben, wenn nicht der Leser füglich das Recht hätte, in einer den Schneekrystallen gewidmeten Monographie ein solches Kapitel zu suchen. Vielleicht ist es auch ganz gut, einmal genauer festzustellen, wie wenig wir darüber eigentlich wissen.

Ueber die Entstehung der Schneekrystalle im Allgemeinen dürfte jetzt wohl kaum noch ein Zweifel bestehen. Viele Thatsachen sprechen dafür, dass sich die Schneekrystalle unmittelbar aus dem atmosphärischen Wasserdampf bilden, ohne den tropfbarflüssigen Zustand zu passiren. Es erfolgt also ein direkter Uebergang aus dem gasförmigen in den festen Aggregatzustand, eine Sublimation. Einen derartigen Sublimationsprocess hat eigentlich schon MUNCKE im Jahre 1816 sehr hübsch experimentell nachgewiesen³⁷). Er liess „in einem exantlirten Ballon von feinem englischen Glase geringe Mengen von Wasser an einer Seite sich im gefrorenen Zustande an die

Wandungen anlegen, setzte dann den Ballon auf die Bank eines geöffneten Fensters in einem nicht geheizten, aber dennoch etwas mehr als die äussere Luft erwärmten Zimmer so, dass die Eistheilchen nach Innen gerichtet waren. Indem dann die Wärme aus dem Zimmer durch den Ballon nach Aussen strömte, wurden unsichtbare kleine Partikeln des Eises als Dampf mit fortgerissen, aus denen an der entgegengesetzten Wandung sehr schöne und regelmässig krystallisirte Schneeflocken entstanden, die nur sehr lose an der Oberfläche festhingen“. Seitdem sind ähnliche Vorgänge in der Natur selbst mehrfach beobachtet worden, vor allem im Luftballon und in den Polarregionen. In Betreff der ersteren verweise ich auf die Wahrnehmungen von BARRAL und BIXIO, WELSH, J. GLAISHER, CROCÉ-SPINELLI und G. TISSANDIER, welcher letzterer in seinem anregend geschriebenen Werke „L'Océan Aérien“ diese Frage eingehend bespricht³²⁾. Andererseits fehlt es nicht an Berichten von Polarreisenden, welche bei reinem, blauem Himmel in den untersten Schichten der Atmosphäre Schneekrystalle sich bilden sahen. In grossen Höhen sowohl wie in den arktischen Regionen kann man auch nicht selten die Wahrnehmung machen, dass die beim Athmen aus den Lungen austretende Feuchtigkeit sich sofort in mikroskopische Eiskrystalle verwandelt. Hierher gehören ferner die Berichte von Schneebildung in erwärmten Wohnräumen, in die sehr kalte Luft plötzlich eindringt. Schon MAUPERTUIS, der 1736 zur Gradmessung in Lappland war, erzählt, wie sich in Torneå beim Oeffnen der Thüre der Wasserdampf des Zimmers in „*gros tourbillons blancs*“ verwandelte. Auch die bekannte Petersburger Geschichte³⁸⁾ von dem Schneefall in einem überfüllten Saale, in welchem Damen vor Hitze ohnmächtig werden, weshalb ein Herr rasch entschlossen ein Fenster einschlägt, um kalter Luft schnell Zutritt zu verschaffen, bietet eine treffliche Illustration zur Theorie der Schneebildung.

Die in den älteren, aber auch noch in einigen neueren Lehrbüchern vorgetragene Ansicht, dass der atmosphärische Niederschlag als Schnee erscheint, wenn das aus dem Wasserdampf ausgeschiedene Wasser unverzüglich gefriert, muss demnach als unhaltbar bezeichnet werden. Wenn herab-

fallende Wassertropfen, welche eine höhere Temperatur als null Grad haben, plötzlich gefrieren, entstehen niemals Eiskrystalle, sondern amorphe Eiskügelchen, wie wir sie z. B. gar nicht selten als sogenannten Eisregen herabfallen sehen; und wenn überkaltete Wassertropfen, deren Vorkommen in der Atmosphäre bei Ballonfahrten seit 40 Jahren wiederholt nachgewiesen worden ist, beim Auffallen auf einen festen Gegenstand plötzlich erstarren, können wohl gewisse Raureifbildungen zu Stande kommen, aber noch nie hat man auf die Weise Schneekrystalle entstehen sehen³⁹⁾.

Sind wir so über die Entstehung des Schnees im Allgemeinen ziemlich im Klaren, so wissen wir über die Bildung der Schneekrystalle im Einzelnen nur wenig Zuverlässiges zu sagen. Die Lehre von den bei der Krystallisation wirksamen Molekularkräften gehört zu den schwierigsten und dunkelsten Punkten der Physik.

Wir dürfen indessen mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass der Ausgangspunkt oder der Keim für die Schneefiguren in den mikroskopisch kleinen Schneepunktchen zu suchen ist, die man in den höheren Luftschichten und in den Polarregionen ziemlich häufig antrifft, und dass an diese sich immer neue ankrystallisiren, so dass die einzelnen Schneefiguren allmählich entstehen.

In Uebereinstimmung damit steht die Wahrnehmung, dass in den genannten Regionen die kleinsten Schneefiguren vorkommen; denn ihr Entstehungsort liegt dem Erdboden so nahe, dass sie während des Herabfallens zu weiterer Ausbildung keine Gelegenheit haben.

Wir können uns also denken, dass die Entstehung der Schneekrystalle in ähnlicher Weise vor sich geht, wie die Ausscheidung von Krystallen in erwärmten Salzlösungen: zuerst bilden sich an der Oberfläche kleine Krystalle, die als specifisch schwerere Körper langsam zu Boden fallen und während des Fallens zusehends wachsen, bis sie in Gestalt grosser Flocken am Boden anlangen. Schon im Jahre 1790 verglich MONGE⁴⁰⁾ die Schneeflocken den so entstehenden Salmiakflocken.

Die kapillaren Hohlräume oder Luftblasen, welche in

allen Schneekrystallen vorkommen können, entstehen mit diesen zugleich und sind wahrscheinlich in ähnlicher Weise zu erklären, wie die Luftblasen, die im gewöhnlichen Eise und in den Hagelsteinen häufig anzutreffen sind: bei schnell vor sich gehender Krystallisation erfolgt zuerst an der Aussenwandung die Eisbildung, welche den kleinsten Luftmengen den Ausgang versperrt.

Die schwierigste Frage aber bleibt die nach den Ursachen der verschiedenen hexagonalen Krystallgestalten, die bekanntlich innerhalb eines und desselben Schneefalles häufig wechseln. Anstatt neue Hypothesen⁴¹⁾ aufzustellen, ist es besser zu gestehen, dass wir nichts Zuverlässiges darüber wissen. In unserer Kenntniss von der Figur und der Struktur des Schnees haben wir seit KEPLER'S Zeiten unleugbar namhafte Fortschritte gemacht, aber auf seine Frage „*cur autem sexangula?*“ wissen wir auch heute, nach nahezu vier Jahrhunderten, keine befriedigende Antwort zu geben.

Auch die besonderen Bedingungen, welche für die Ausbildung bald der einen, bald der anderen Form von Schneekrystallen maassgebend sind, kennen wir nicht. Wir sahen zwar oben, dass niedrigere Temperaturen die Bildung plättchenförmiger, höhere Temperaturen diejenige strahlig-sternförmiger Schneekrystalle begünstigen; indessen weisen diese Gruppen in sich so mannigfaltige Formen auf, dass es nothwendig noch andere Ursachen geben muss, welche auf die Ausgestaltung der Schneefiguren von Einfluss sind.

Hier bietet sich noch ein weites Feld für neue Untersuchungen und Studien dar.

Anmerkungen.

1. ALBERTUS MAGNUS (Meteorol. I, 10) weiss schon, dass der Schnee sternförmig (*figura stellae*) ist. Solche Figuren fallen seiner Meinung nach aber nur im Februar und März. — Der Titel von O. MAGNUS' seltener und geschätzter Originalausgabe lautet: *Historia de gentibus septentrionalibus, earumque diversis statibus, conditionibus, moribus, ritibus, superstitionibus, disciplinis, exercitiis, regimine, victu, bellis, structuris, instrumentis, ac mineris metallicis, & rebus mirabilibus, necnon universis pene animalibus in septentrione degentibus, eorumque natura Autore OLAO MAGNO . . . Romae 1555. Fol.* Auch die späteren Ausgaben (Venetiis 1565, Basil. 1567, lateinisch und deutsch) enthalten die Schneefiguren, wennschon in etwas veränderten Holzschnitten. Dagegen fehlen diese und alle anderen Figuren in dem Auszug des Werkes, welcher während des 16. und 17. Jahrhunderts in mehreren Sprachen erschien und grosse Verbreitung fand.

Im Cap. XXII, welches die Überschrift *De variis figuris nivium* hat, heisst es „*. . . . immo quanto magis acceditur versus polum arcticum, tanto magis quantitate, & qualitate variari videntur nives descendentes, ut potius stupenda, quam inquirenda ratio sit, cur, & quomodo tot formae, & imagines, quae artifices quoslibet latent, tam mollibus, & exiguis rebus tam subito imprimuntur. Uno etenim eodemque die, ac nocte, XV vel XX, aut plures quandoque distinctae formae reperiuntur*“.

Auch die an den Fensterscheiben sich bildenden Eisblumen zieht OLAUS MAGNUS in den Kreis seiner Betrachtungen und bildet sie ab. Sie seien so schön und mannigfaltig, meint er, dass sie kein Künstler getreu nachbilden könne, wenn sie denselben auch oft als Muster für Schnitzereien an Bechern und Trinkgeschirr, sowie für Webereien dienen.

So interessant alle diese und andere Bemerkungen über den Schnee sind, so blieben sie, versteckt in einem dickleibigen Folianten, von den Zeitgenossen ziemlich unbeachtet, und erst der Däne ERASMUS BAR-

THOLINUS scheint im Jahre 1660 auf OLAUS MAGNUS' Verdienst in dieser Beziehung wieder hingewiesen zu haben.

2. Die kleine, selten gewordene Gelegenheitsschrift führt den Titel: JOANNIS KEPLERI S. C. *Maiest. mathematici strenna seu de nive sexangula. Cum Privilegio S. Caes. Maiest. ad annos XV. Francofurti ad Moenum apud Godefridum Tampach. Anno M.DC. XI.* (4^o. 24 S.) Sie findet sich auch wörtlich abgedruckt in dem merkwürdigen Sammelwerke von CASPAR DORNAVIUS: *Amphitheatrum sapientiae Socraticae jocosariae* . . . Hanoviae 1619. 2 Tom. Folio (I p. 751—757), ferner im 7. Bande der von CH. FRISCH herausgegebenen *Opera omnia* von J. KEPLER. — Das lateinische Wort *strenna* (wovon das französische *étrenne*) bedeutet ein Neujahrsgeschenk. Bekanntlich ist es in Zürich noch heute Sitte der wissenschaftlichen und litterarischen Vereine, sogenannte „Neujahrsblätter“ herauszugeben. — KEPLER's Schrift enthält keine eigentlichen Abbildungen von Schneefiguren, sondern nur schematische Holzschnitte zur Erläuterung seiner Vermuthungen über die Bildung derselben.

3. „*Itaque verisimile est hanc facultatem formatricem pro diverso humore, diversam fieri. In vitriolo crebra est figura cubica Rhombica. In Nitro sua est figura. Dicunt igitur Chymici, an in Nive sit aliquid salis, & quodnam salis genus, & quam illud alias induat figuram. Ego namque, pulsatis Chymiae foribus, cum videam, quantum restet dicendum, ut causa rei habeatur: malo abste, Vir solertissime, quid sentias, audire, quam disserendo amplius fatigari. Nihil sequitur. Finis.*“

4. Diese nichtssagenden Erklärungsversuche geisselte schon JOH. JAC. SCHEUCHZER in seiner *Physica oder Natur-Wissenschaft*. Zweite Aufl. Zürich 1711 (2. Th. S. 187) mit den Worten: „Hier mag nicht bestehen der grosse ARISTOTELES, und seine ganze Suite mit ihren besondern Faculteten, und verborgenen Qualiteten. Nichts richten aus KIRCHERUS, PETRUS BORELLUS, und andere, mit einer besondern magnetischen Kraft; MARCUS MARCI mit seinen Ideis; CABAEUS mit seiner virtute formatrice, oder gestaltenden Kraft: Ein wissensbegieriges Gemüth wil wissen, worinn diese Qualiteten, Faculteten, Ideae, virtutes formatrices bestehen, wie sie wirken, formieren? Man wil nimmer mit lähren Worten abgespiesen werden.“

Eine gute Zusammenstellung der Meinungen der älteren Schriftsteller, einschliesslich des Alterthums und des Mittelalters, über die Gestalt des Schnees findet man in der Schrift von THOMAS BARTHOLINUS:

De nivis usu medico observationes variae . . . Hafniae 1661. kl. 8^o. S. 30—37.

5. *Viri illustris Nicolai Claudij Fabricij de Peiresc, senatoris Aquiseptiensis vita*. Authore PETRO GASSENDI . . . Editio tertia. Hagae-Comitum 1655. 4^o. S. 117.

PEIRESC hat das Verdienst, seine Landsleute zuerst auf die Gestalt des Schnees aufmerksam gemacht zu haben, die allen Zuhörern fast wie ein Wunder erschien („*quasi prodigium*“). Wahrscheinlich hatte KEPLER's Schrift PEIRESC sowohl wie seinen Freund GASSENDI, der dies ausdrücklich zugesteht, zur Betrachtung der Schneefiguren angeregt. Diese Thatsachen beweisen übrigens, wie wenig man noch damals beobachtete.

6. Zuerst 1630 in seiner Schrift *Epistolica exercitatio in qua praecipua principia philosophiae Roberti Fluddi deteguntur* . . . Paris. 8^o. und dann 1649 in seinem Kommentar zur Epikureischen Meteorologie: PETRI GASSENDI *animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii, qui est de vita, moribus, placitisque Epicuri* . . . Lugduni 1649. Fol. (S. 1110—1114).

7. *Discours de la Méthode pour bien conduire sa raison, & chercher la vérité dans les sciences. Plus la Dioptrique. Les Météores et la Géometrie. Qui sont des essais de cete Méthode*. A Leyde 1637. 4^o. S. 216—236.

Wer diese seltene Originalausgabe nicht besitzt, findet Text und Figuren auch in der latein. Uebersetzung „*Specimina Philosophiae*“, von der es mehrere Ausgaben giebt.

8. Der Schnee war in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts öfters Gegenstand akademischer Dissertationen und Disputationen. Vergl. z. B. in HELLMANN's *Repertorium der deutschen Meteorologie*. Leipzig, W. Engelmann 1883. 8^o. die Artikel J. GEISSLER (1613), ACERIUS (1623), CERNITZ (1649), STEGER (1652) u. andere auf S. 706.

Eine ziemlich vollständige Zusammenstellung der Gesamt-Litteratur über den Schnee findet man in der amerikanischen *Bibliography of Meteorology*. Edited by OLIVER L. FASSIG. Part II. *Moisture*. Washington. 1889. 4^o. (S. 298—315).

9. *De Figura Nivis Dissertatio* soll zuerst im Jahre 1660 in Kopenhagen erschienen sein. Ich kenne indessen kein einziges Exemplar dieser Ausgabe; selbst die Kopenhagener Bibliotheken besitzen sie nicht. Die Einleitung ist allerdings vom März 1660 datirt. Repro-

ducirt wurde die Dissertation in THOMAE BARTHOLINI *de nivis usu medico observationes variae. Accessit D. ERASMI BARTHOLINI de figura nivis dissertatio; cum operum authoris catalogo.* Hafniae 1661. kl. 8^o, und in ERASMI BARTHOLINI *de naturae mirabilibus quaestiones academicae.* Hafniae 1674. 4^o. (S. 17—35).

10. *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by the magnifying glasses with observations and inquiries thereupon.* By R. HOOKE. London 1665 und 1667. Folio. (Tafel VIII bei Seite 88). Auch der Auszug aus diesem Werke: *Microscopic observations; or, Dr. Hooke's wonderful discoveries by the microscope . . .* London 1780. Fol. enthält die Tafel mit den Schnee- und Eisfiguren (Tafel V), der Text ist aber stark gekürzt und abgeändert.

11. FRIEDRICH MARTENS *vom Hamburg Spitzbergische oder Groenlandische Reise Beschreibung gethan im Jahre 1671. Aus eigener Erfahrung beschrieben, die dazu erforderte Figuren nach dem Leben selbst abgerissen, (so hierbey in Kupffer zu sehen) und jetzo durch den Druck mitgetheilet.* Hamburg, Auff Gottfried Schultzens Kosten gedruckt, Im Jahr 1675. (4^o. 4 Bl. 132 S., 2 Bl. 16 Tafeln Kupfer). Das Buch wurde ins Englische, Holländische und Italienische übersetzt.

Die Verdienste von MARTENS sind um so höher anzuschlagen, weil er als einfacher „Schiffs-Barbierer“ einen Walfischfänger begleitet hat. In der Vorrede „An den Leser“ sagt er selbst, was er auf der Reise geleistet: „Denn ich nicht allein von Tag zu Tage das Gewitter und des Poli Höhe, wo ich gekont, angezeichnet, sondern habe auch von Spitzbergens Erdreich, Meer, Eyse un̄ Lufft, auch Wind, Schnee, Regenbogen, Kräutern, Thieren, insonderheit vom Walfisch und dessen Fang so aufzführlich, als möglich gewesen, in vier Theilen gehandelt.“

12. L. c. Seite 39: „Aufz solchen kleinen Dampf-Tröpflein wird anfänglich der Schnee.

Es wird Erstlich ein tropflein, als ein Sandeskorn gesehen wie bezeichnet mit *A*. Von dem Nebel nimbt es zu, bisz es einem sechseckigtem Schilde ehnlich wird, hell und durchsichtig als ein Glasz. An diesen sechs Ecken henget Nebel an wie tropffen *B*. und hernach frieret er von einander daz man sehen kan eine gestalt des Sterns *C*. welches doch noch an einander gefrohren: bisz es folgendes sich recht von einander theilet, daz man sehen kan einen Stern mit Zacken *D*. welche Zacken noch nicht gantz gefrohren sind, dieweil noch etliche gantze Nasse tröpflein zwischen den Zacken sind: bisz er ferner einer voll-

kommen Stern form gewinnet mit Zacken an den Seiten wie Farenkraut, an welchen spitzen noch kleine tropffen hangen als Knuppel *E.* die sich zu letzt verliehren, und endlich in vollkommen Stern form gebohren wird.

Und dafz ist der Ursprung des Stern-Schnees, welcher bey der strengesten Kälte also lange gesehen wird, bisz er alle Zacken verliehret, *F.*

Wie vielerley arth Schnee fallen in Spitsbergen, und bey welchem Gewitter, habe ich folgender gestalt beobachtet und unterschieden. Num. 1. gezeichnet bey leidlicher Kälte wenn es Regnig dabey, fällt der Schnee als Rößlein, spiessen und kleine Körner. Num. 2. Wenn die Kälte nachlässt, fällt Schnee als Sterne mit vielen Zacken wie Farenkraut. Num. 3. Nebel allein oder grosser Schnee. Num. 4. bey strenger Kälte und Wind. Num. 5. bey strenger Kälte, wans nicht Windig, fällt Schnee als Sterne viel in einen hauffen, weil sie vom Winde nicht von einander getrieben werden. Num. 6. Bey Nordwest Wind oder dicken Gewolck Sturmig dabey, fiel Hagel Rund und Länglicht mit Zacken überall in der grösse wie in der Figur zusehen ist.....“

13. *La figura della neve* di DONATO ROSSETTI, Canonico di Livorno, Dottore in S. T. già lettore di filosofia nell' università di Pisa, e or maestro delle matematiche di S. A. R. In Torino 1681. 8^o. 4 Bl. 40 S.

14. *Bruscolo*: „... un sottilissimo guscio di schietto gelo cristallino, comprendente uno, o più spazioletti, o vuoti affatto, o pieni d'alcun genere d'aria; e che i puntarelli e le lineucce alabastrine vi appariscano per giuoco di refrazioni, che vi patisca la luce in superfici diversamente inchinate, e piegate. E parvemi di potermi arrischiare a concludere che di fatto sia così; quando osservai che ogni Bruscolo nello struggersi sparisce ad un tratto con lasciar in acqua appena segno di si, nella guisa giusto, che fanno nello spezzarsi le bollucce della spuma.“ (L. c. Seite 3).

Die acht Arten „Rosette“, welche ROSSETTI unterscheidet, benennt er nach der Aehnlichkeit mit Pflanzen, mathematischen Figuren u. s. w.: *rosette a frondi, a rami, a rabeschi, ad arbuscelli, ad esagoni, a rombi, a piè d'oca, mostruose*. Zu den letzteren rechnet er die Zwillingskrystalle, welche durch ein spiessartiges sechsseitiges Prisma mit einander verbunden sind.

15. CASSINI, *Observation de la figure de la neige*. (*Mémoires de mathématique et de physique, tirez des registres de l'académie royale des sciences*. A Paris 1692. 4^o. S. 32.)

R. J. CAMERARIUS, *De figura nivis et pruinae*. (Miscel. acad. natur. curios. Dec. III, 1697—98, S. 480.)

J. KANOLD, *Einige Observationes von der Figur des Hornungschnees*. (Breslauer Sammlung von Natur- u. Medizin-Geschichten, III, 1718. S. 672.)

J. J. SCHEUCHZER, *Von der Figur des Schnees*. (Ebenda XV, 1721. S. 176.) Auch in seiner *Kupferbibel* (Augsb. u. Ulm 1731—35. 4 Bde. Fol.), von der es franz., holländ. und latein. Uebersetzungen giebt.

B. LANGWITH, *Observations on the figures of snow*. (Philos. Trans. London XXXII, 1722—23, S. 298.)

P. VAN MUSSCHENBROEK, *Elementa physices*. Lugd. Bat. 1729. 4^o, und namentlich seine *Introductio ad philosophiam naturalem*. Lugd. Bat. 1762. II, S. 1020 u. Taf. LXI mit 26 Schneefiguren.

CH. KUNDMANN, *Rariora naturae & artis item in re medica, oder Seltenheiten der Natur und Kunst des Kundmannischen Naturalien-Cabinets, wie auch in der Artzeney-Wissenschaft* . . . Breslau u. Leipzig 1737. Fol. Spalte 543—546 u. Tafel XV. — Diese Tafel giebt die Abbildungen von BARTHOLINUS, MARTENS, KANOLD und SCHEUCHZER wieder.

J. LULOFS, *Schediasma de figura nivis anno 1736 mense Februario Zutphaniae deciduae*. (Miscel. soc. scient. Berolinensis VI, 1740, S. 83 bis 89. Mit einer Tafel von 19 Schneefiguren.)

J. NETTIS, *Dissertatio physica et medica inauguralis de congelatione, figuris nivium admirandis* . . . Lugd. Bat. 1742. 4^o. Auszug davon in den *Philos. Trans. London XLIX*, 1756 S. 644—648, 1 Tafel mit 91 Figuren.

16. *Het regt gebruik der natuur-beschouwingen, geschetst in eene verhandeling over de sneeuw figuren*; door JAN ENGELMAN, M. D. Met Figuren. Te Haarlem 1747. 8^o.

Die zweite Ausgabe führt den Titel: *Verhandeling over de sneeuw figuren* . . . Door den zeer geleerden Heer JAN ENGELMAN . . . Tweede Uitgave; verrikt met eene Voorrede van den Heer PIETER BODDAERT . . . Te Utrecht 1771. 8^o. —

BIERENS DE HAAN führt in seiner *Bibliographie néerlandaise historico-scientifique* (BONCOMPAGNI's *Buletino di Bibliogr. e di Storia d. Scienze Mat. e Fis.* XIV, 1881) eine Ausgabe der ENGELMAN'schen Schrift vom Jahre 1743 an, die ich aber sonst nirgends nachweisen kann und die vielleicht gar nicht existirt.

17. JOHAN GOTTSKALK WALLERIUS, *Hydrologia eller Beskrifning of Vatten-Riket*. Lund 1748. 8^o. Deutsche Uebersetzung von J. D. DENSO: *Hydrologie oder Wasserreich*. Berlin 1751. 8^o.

WALLERIUS unterscheidet „1) harten Eisstrahl 2) lockern Eisstrahl 3) dreystrahlichten Schnee 4) vierstrahllichten Schnee 5) fünfstrahllichten Schnee 6) sechsstrahllichten Schnee (mit 10 Unterarten) 7) achtstrahllichten Schnee 8) zwölfstrahllichten Schnee 9) achtzehnstrahllichten Schnee 10) Schnee von ungewisser Figur (Federn, Haar, Netze, höckerichte Knoten)“.

18. JOH. CARL WILCKE, *Rön och Tankar om Snö-Figurers Skiljaktighet*. (Kongl. Vetenskaps Acad. Handlingar XXII, 1761, S. 1—19, Taf. 1); und *Nya Rön om Vattnets Frysning til Snölike Is-Figurer*. (Ebenda XXX, 1769, S. 90—111, Taf. V). —

Ueber die Frage der künstlichen Erzeugung von Schneeflocken vergleiche man: J. DOGIEL, *Ein Mittel, die Gestalten der Schneeflocken künstlich zu erzeugen*. (*Mélanges phys. et chim. de l'acad. de St. Petersbourg*, IX, 1873, S. 266—270, mit 2 Tafeln der aus Jodoform erzeugten Figuren), und über die Aehnlichkeit der Schneekrystalle mit gewissen Kampherkrystallen die einschlägige Schrift von J. SPENCER, *On the similarity of form observed in snow crystals as compared with those of camphor* . . . London 1856. 8^o.

19. *An Account of the Arctic Regions, with a History and Description of the Northern Whale-Fishery*. By W. SCORESBY Jun. Edinburgh 1820. 2 vol. 8^o. Mit 24 Kupfertafeln. — Die 96 Schneefiguren nehmen die Tafeln VIII bis XI ein, der zugehörige Text die Seiten 425—432 im I. Bande. Eine Reproduction der sämtlichen Schneefiguren findet man in der zweiten Ausgabe von GEHLER's *Physikalischem Wörterbuch* (Leipzig 1825 ff.), als Ergänzung zum Artikel „Schnee“ von MUNCKE, und in der deutschen Uebersetzung eines anderen Werkes von W. SCORESBY, nämlich in WILLIAM SCORESBY's des Jüngern *Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang, verbunden mit Untersuchungen und Entdeckungen an der Ostküste von Grönland, im Sommer 1822*. Aus dem Englischen übersetzt und mit Zusätzen und Anmerkungen versehen von FRIEDRICH KRIES . . . Hamburg 1825. 8^o. (Tafel II bis V), zugleich mit Wiedergabe des entsprechenden Textes in deutscher Uebersetzung (S. 95—103).

Da das kostbare Originalwerk SCORESBY's nicht häufig angetroffen wird, lasse ich einen Theil seiner Erläuterungen hier wörtlich ab-

drucken, mit Beibehaltung der Figurennummern, die auch zu den Tafeln im eben genannten KRIES'schen Werke passen.

„The various modifications of crystals may be classed under five general kinds of genera. 1. Lamellar. 2. A lamellar or spherical nucleus, with spinous ramifications in different planes. 3. Fine spiculae or six-sided prisms. 4. Hexagonal pyramids. 5. Spiculae having one or both extremities affixed to the centre of a lamellar crystal.

1. *Lamellar crystals.* The varieties of this kind are almost infinite. They occur at all temperatures, and in the greatest abundance; and most of the specimens are extremely thin, transparent, and of an exquisitely delicate structure. They may be subdivided into several distinct species.

a. *Stelliform;* having six points radiating from a centre, with parallel collateral ramifications in the same plane. This species, represented in Fig. 1, is the most general form met with. It varies in size from the smallest speck, to about one third of an inch diameter. It occurs in greatest profusion when the temperature approaches the freezing point.

b. *Regular hexagon.* This occurs in moderate as well as in the lowest temperatures; but it becomes more delicate and thin, and diminishes in size as the cold increases. Some specimens consist of simple, transparent plates (Fig. 23), others are beautifully variegated, within the perimeter, by white lines, forming smaller hexagons or other regular figures, in immense variety; Fig. 25, 27, 28, 30, 49. The size of this species is from the smallest visible speck to about one-tenth of an inch diameter.

c. *Aggregations of hexagons.* This beautiful species admits of immense variety. It occurs chiefly at low temperatures, and presents great limits of dimensions; Fig. 2, 9, 10, 14, 17, 29, 34, 37, 39 &c. afford examples of this species.

d. *Combinations of hexagons, with radii or spines, and projecting angles.* This constitutes the most extensive species in the arrangement; and affords some of the most beautiful specimens. Fig. 7 is an elegant combination of spines and hexagons; and Figures 50, 55, 58, 59, 60 &c., together with all the others distinguished by the letter s after the numbers, constitute a novel and beautiful variety, which I have only once observed. The parallel lines that appear in these figures, are not intended as shadings, but actually occurred in the crystals, though with this difference, that the lines which appear black in the plate, were all white in the originals. Figures 55, 63, 64, and 93, were opaque crystals, and were not so thin as the others.

The latter of these, as well as Fig. 94, each having twelve spines, appear to be accidental varieties and are produced probably by the correct application of two similar crystals upon one another.

2. A lamellar or spherical nucleus, with spinous ramifications in different planes. — This genus not being easily represented, is not illustrated by any figure. It consists of two or three species.

a. The fundamental figure, consisting of a lamellar crystal of any of the species above described, from the lateral and terminal planes of which arise small spines, similar to the collateral ramifications of Fig. 1. These spines arise either from one or both of the lateral planes or principal surfaces, or from both lateral and terminal planes; and always maintain the usual angle of 60° with the plane from which they take their rise. The diameter of this figure sometimes exceeds the fourth of an inch. This species falls most frequently at a temperature of 20° or 25° .

b. Having a spherular nucleus, giving rise to radii in all directions. In the former species, the central figure is a transparent crystal; in this it consists of a small rough white concretion. The spines or radii are similar in both figures. The diameter of this seldom reaches a quarter of an inch. The form is echinose. This species falls when the degree of cold is near the freezing, and sometimes in rather low temperatures.

3. Fine spiculae or six-sided prisms. — These are sometimes very delicate and crystalline; at others white and rough. The finest specimens, which resemble white hair cut into lengths not exceeding a quarter of an inch, are so small and clear, that the exact figure is not easily determined; and the larger exhibit a fibrous or prismatic structure. Some of these are occasionally the third of an inch in length. This genus is only seen when the temperature is near the freezing point. When the thermometer is about 28 degrees, the finer specimens occur; when about the freezing, the coarser appear. The latter are very common during fog showers, and appear to be composed of aggregations of the frozen particles of the fog, and to have their origin in the lower parts of the atmosphere.

4. Hexagonal pyramids. — This kind of snow-crystal I have but once seen. A variety, consisting apparently of a triangular pyramid, was observed; but whether its base was a triangular or six-sided figure, similar to No. 96 is doubtful. These pyramids were about the thirtieth part of an inch in height, and fell along with some other curious figures, during a fresh gale of wind from the northward, in very large quantity. Figures 44, and 47 represent this kind of crystal.

5. *Spiculae or prisms having one or both extremities inserted in the centre of a lamellar crystal.* — This is the most singular genus I have ever seen, and has been observed but twice. It resembles a pair of wheels, united by an axletree; the wheels consisting of hexagonal or other lamellar crystals, and the axle of a slender prism. Figure 43, 45, 46, and 48, represent this modification of snow-crystal. Figure 46, consists of but one tabular crystal and a prism; and Figure 45, of three laminae and two prisms. The length of this was one-sixth of an inch; of the other kind, from one-thirtieth to one-tenth. Some of this extraordinary figure occurred along with the last-described genus: of which kinds, principally, a quantity of snow three or four inches in depth, once fell on the deck of the ship in which I sailed, in the course of a few hours. The temperature, when this kind of crystal fell, was in one instance 22° , and in the other 20° .

20. GUETTARD beobachtete regelmässig die Schneekrystalle zu Warschau während der Jahre 1760—62. *Mém. Ac. Paris* 1762 S. 402—430.

21. *Sitzungsberichte der kaiserl. Akad. d. Wissensch. zu Wien.* Math.-naturw. Classe. Bd. XI, 1853, S. 492—499.

22. *Snow Crystals, observed by JAMES GLAISHER, from February 8th to March 10th, 1855.* (*Report of the Council of the British Meteorological Society*, read at the fifth annual general meeting, May 22, 1855. S. 17 bis 30, und 36 Tafeln mit 151 Schneefiguren.)

Einen Auszug daraus „*On Snow Crystals in 1855*“ (mit einer kleineren Zahl von Figuren) enthält das *Quarterly Journal of Microscopical Science*, London, III, 1855, S. 179—185 (im IV. Bande, S. 203—205, dazu noch einige Bemerkungen über die Aehnlichkeit der Schneekrystalle mit denen von Kampher). Auch im 2. Bande von E. BELCHER's Polarwerk *The last of the arctic voyages*. London 1855. gr. 8^o., S. 302 bis 306, giebt GLAISHER einen kurzen Abriss seiner Beobachtungen, unter Hinzufügung dreier schön ausgeführter Tafeln (Tafel XX bis XXII) mit Abbildungen von Schneefiguren. —

Von den Arbeiten nach GLAISHER verdienen folgende besondere Erwähnung:

a) Der englische Polarreisende Captain Sir EDWARD BELCHER beobachtete in den Jahren 1852—1854 mit Vorliebe Schneekrystalle und bildete in dem eben genannten Werke einige ab (*Appendix E. Observations on Ice Crystals*, S. 298—302, Tafel XIX).

b) EDWARD JOSEPH LOWE, *Snow Crystals*, in der von ihm herausgegebenen Zeitschrift *The Magazine of Natural Philosophy*. London 1856. 8^o, S. 33—34, 61—62, 133, mit 48 Abbildungen von Schneekrystallen, welche sämtlich der ersten Hauptart von SCORESBY (*lamellar crystals*) angehören.

c) Dr. ROHRER (Kreisphysikus in Lemberg), *Ueber Regentropfen und Schneeflocken*. (Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Classe. Bd. XXXV, 1859, S. 211—229, 2 Tafeln mit insgesamt 44 Figuren. Nachtrag dazu, ebenda Bd. XLIII, 1861, S. 580 bis 582). Der Verfasser theilt die von ihm beobachteten Schneegestalten in acht Gruppen ein: Kügelchen, unregelmässige Klümpchen, igelförmige Klümpchen, wollige Klümpchen, Nadeln oder sechsseitige Prismen, Pyramiden, Plättchen, Sterne.

d) *Schnee-Krystalle, beobachtet in Dresden 1845 und 1846 von J. F. A. FRANKE, Hof-Küchenmeister a. D., Mitglied der Gesellschaft Isis. Auf Veranlassung der Gesellschaft Isis in Dresden erläutert durch Dr. HANS BRUNO GEINITZ. Separatabdruck aus der Fest-Schrift zur Feier des fünfundzwanzigjährigen Bestehens der Isis*. Dresden 1860. 8^o. 12 S. und 6 Tafeln mit 119 Figuren. Es ist dies die umfangreichste Sammlung von Schneefiguren, welche in Deutschland bisher publicirt wurde; sie enthält nur stern- und tafelförmige Krystalle. Durch Aufnahme einiger tetragonaler Formen aus dem in Anmerkung 17 genannten Werke von WALLERIUS und aus der Schrift von G. F. SCHUMACHER, *Die Krystallisation des Eises*. Leipzig 1844. 8^o, zieht Dr. GEINITZ den etwas gewagten Schluss, dass der Schnee in die Reihe der dimorphen Körper, d. h. derjenigen zu stellen ist, die unter gewissen Bedingungen in zwei verschiedenen Krystallsystemen krystallisiren können. Es verdient dem gegenüber ausdrücklich hervorgehoben zu werden, dass keine einzige der neueren Beobachtungen über Schneekrystalle für diese Annahme spricht. Dagegen hat A. E. VON NORDENSKIÖLD im Jahre 1860 am Reif, welcher sich an den Fensterscheiben eines Hausflurs gebildet hatte, kleine rechtwinklige, von Hexaëdflächen begrenzte Prismen beobachtet, die entweder zum rhombischen oder zum quadratischen System gehören (Poggend. Ann. CXIV, 1861, S. 615).

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass das eben genannte SCHUMACHER'sche Werk neben Eis, Reif und Hagel auch die Schneekrystalle eingehend bespricht, ohne indessen etwas Neues über dieselben zu bringen.

e) A. W. WATERS, *Klimatologische Notizen über den Winter im Hochgebirge. Nach eigenen Beobachtungen in dem Höhenkurorte Davos am Platz*. Basel 1871. 8^o. Mit 1 lith. Tafel Schneekrystalle. Als Ergänzung dazu vergl. desselben Autors Notiz *Certain lines observed in snow crystals (Memoirs of the literary and philosophical society at Manchester VI, 1875, S. 6—10)*.

f) *Forme di neve osservate in Pavia nell' inverno 1878—79. Riflessi del Dottor CIRO CHISTONI. (Meteorologia Italiana. Memorie e Notizie. Anno 1878. Fasc. V. Roma 1879. S. 35—39, und eine Tafel mit 32 Schneefiguren)*.

23. Tafel I erschien bereits als Beilage zu einem kleinen Artikel des Herrn Dr. R. NEUHAUSS: *Das Photographiren von Eis- und Schneekrystallen* in der *Zeitschrift für wissenschaftl. Mikroskopie und für mikroskopische Technik*, Bd. IX, 1892, S. 324—325, während Zinkätzungen fast sämtlicher Aufnahmen der „Prometheus“ brachte, in Nr. 179 vom 8. März 1893, als Illustration zum Artikel: *Schnee- und Eiskrystalle*, von Dr. A. MIETHE. — Ich selbst erhielt die ersten Photographien von Herrn Dr. NEUHAUSS Ende December 1892 und legte dieselben dem Berliner Zweigverein der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in seiner Sitzung vom 10. Januar 1893 vor, wobei ich zugleich die Hauptresultate vortrug, welche mir ein genaueres Studium der Aufnahmen ergeben hatte und die den wesentlichsten Inhalt des zweiten und dritten Abschnittes des vorliegenden Werkchens bilden. Ich lege auf die Feststellung dieser Thatsachen Werth, weil anscheinend gleichzeitig mit Herrn NEUHAUSS auch Herr G. NORDENSKIÖLD in Stockholm mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen gemacht und im März d. J. in Autotypien veröffentlicht hat: *Preliminärt meddelande rörande en undersökning af snökrystaller. Af G. NORDENSKIÖLD. (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd. 15. Häft 3. 1893, S. 146—158 und Tafel 5—26; eine kurze Notiz auch in den Comptes Rendus der Pariser Akademie vom 10. April 1893, S. 770—771)*. Herr NORDENSKIÖLD hat mit stärkeren Vergrößerungen gearbeitet und namentlich schöne Aufnahmen von plättchenförmigen Schneekrystallen und von sechsseitigen Prismen erhalten.

24. Herr Dr. NEUHAUSS sagt a. a. O.: „Als Objectiv diente ein Projections-System von ZEISS (31 mm Brennweite), als Lichtquelle eine kleine Petroleumlampe (Rundbrenner). Die Expositionszeit betrug auf selbstgebadeten Erythrosinplatten von SACHS 5 bis 7 Secunden. Ob-

gleich die Lampe 80 cm vom Objectivtische aufgestellt war und das Bild der Lichtquelle mit Hilfe einer Beleuchtungslinse nicht in die Objectivebene, sondern einige Centimeter hinter dieselbe projicirt wurde, so war, trotz einer Lufttemperatur von -5 bis -10^0 R., die Erwärmung des Objects eine derartige, dass die Krystalle schon nach wenigen Secunden anfangen abzuschmelzen. Erst nach Einschaltung einer mit Alaunlösung gefüllten Absorptionscuvette hielten sich die Präparate einige Zeit unverändert. Die Alaunlösung fror jedoch bei -5^0 R. und konnte nur durch reichlichen Zusatz von Kochsalz flüssig gehalten werden.“

25. Die ältesten diesbezüglichen Beobachtungen sind wohl die von R. J. CAMERARIUS, *De figura nivis et pruinae*. (Misc. Acad. Nat. Cur. Dec. III, 1697—98. S. 480), die letzten die von R. ASSMANN, *Mikroskopische Beobachtungen der Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees*. (Meteorol. Zeitschrift Bd. VI, 1889, S. 339—342. Taf. IV.)

Die übrige einschlägige Litteratur findet man in dem Werke von G. F. SCHUMACHER (vergl. Anmerkung 22 d) zusammengestellt.

26. G. GALLE, *Ueber Höfe und Nebensonnen*. (Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. XXXIX, 1840).

A. BRAVAIS, *Mémoire sur les halos et les phénomènes optiques qui les accompagnent*. Paris 1847. 4^o. (Journ. de l'école polytechn., XXXI^e cahier).

27. H. ABICH, *Ueber krystallinischen Hagel im Thirialethischen Gebirge und über die Abhängigkeit der Hydrometeore von der Physik des Bodens*. Tiflis 1871. gr. 8^o.

A. SECCHI, *Di una grandine accaduta il 26 agosto 1876 a Grottaferrata e Marino* (Bullet. meteorol. dell' Osservat. del Collegio Romano XV, 1876, S. 73—74).

28. Diese Beobachtung ist mit unseren bisherigen Anschauungen über die Ueberschmelzung oder, wie man neuerdings zu sagen pflegt, über die Ueberkaltung nicht recht in Einklang zu bringen. Wir wissen zwar aus den Versuchen von A. MOUSSON (Poggend. Ann. CV, 1858, S. 161—163), dass Wasser in kapillaren Röhren bis zu tiefen Temperaturen unter null Grad flüssig erhalten werden kann, allein eine Berührung mit Eis hebt den labilen Gleichgewichtszustand sofort auf und führt Erstarrung herbei. FRANKENHEIM, der sich mit dem Wesen der Krystallisation so eingehend beschäftigt hat, meint, dass „es eigentlich nur eine Bedingung giebt, welche das Bestehen einer Flüssigkeit unter-

halb ihres Gefrierpunktes vollständig verhindert, nämlich ihre Berührung mit einem Krystalle gleicher Art. Ausserhalb dieser Berührungsfläche kann sich eine Flüssigkeit, an welchen Körper sie auch grenzen und wie sie auch bewegt werden mag, stets mehr oder weniger unter ihren Frierpunkt abkühlen ohne zu erstarren“ (Poggend. Annal. CXI, 1860, S. 3). Allerdings hat L. DUFOUR (ebenda CXIV, 1861, S. 530 bis 536) die Beobachtung gemacht, dass Eis und überkaltetes Wasser zugleich vorkommen können, aber nur dann, wenn die Eiskugeln sehr gross sind (10 mm), während die Berührung kleinerer Eiskügelchen von 3 bis 5 mm Durchmesser mit überkalteten Wassertröpfchen von -6 bis -7° Temperatur sogleich die Erstarrung dieser letzteren hervorruft.

Offenbar steht dieser von den Dimensionen abhängige Unterschied mit der bei der Erstarrung entwickelten latenten Wärme im Zusammenhange: bei den kleinen Kugeln wird diese von dem umgebenden Eise absorbiert, so dass die Kugel gänzlich gefrieren muss, während bei den grossen Kugeln ein Theil des Gemisches flüssig bleibt vermöge der Wärme, welche der gefrierende Theil entwickelt.

Darnach ist es eben schwer zu verstehen, wie sich in den mikroskopisch kleinen Eisprismen oder „Eisflaschen“, wie sie Herr G. NORDENSKIÖLD nennt, flüssiges Wasser erhalten kann.

Es wäre sehr erwünscht, mit künstlich hergestellten Kapillarröhren von Eis dahingehende Versuche anzustellen.

29. Möglicherweise hat schon ROSSETTI (1681) in seinen Figuren *V*, *Cc*, *Dd* und *Kk* ähnliche blumenkohlartige Schneeformen abbilden wollen.

30. Die Angabe von M'CLINTOCK (*Voyage of the „Fox“ in the arctic seas*. London 1859. 8^o. S. 57), dass er Schneesterne von einem engl. Zoll (25.4 mm) Durchmesser gesehen habe, beruht wohl auf einer Verwechselung mit Schneeflocken, die ja bisweilen sehr gross werden können. Solche von 8—12 cm Durchmesser sind schon mehrfach beobachtet worden.

31. Bezeichnet man den Durchmesser eines regulären Sechseckes mit $2r$, so ist seine Oberfläche gleich $6 \cdot \frac{r^2}{2} \sin 60^{\circ} = 2.598r^2$. Bei einem Durchmesser von 1 mm beträgt also die Oberfläche 0.6495 Quadratmillimeter, und bei einer Dicke von 0.1 mm das Volumen 0.06495 Kubikmillimeter. Soll aus dieser Eismasse ein gleich dicker Schneekrystall

in einfachster Sternform (z. B. Taf. I) gebildet werden, dessen Strahlen annähernd als langgezogene Rechtecke von x mm Länge und durchschnittlich 0.1 mm Breite angesehen werden können, so hat man zur Ermittlung der Unbekannten x die Gleichung $6 \cdot \frac{x}{10} = 0.6495$, woraus $x = 1.0825$ folgt, d. h. ein solcher Stern hätte einen Durchmesser von etwa 2.2 mm. Bei einem Stern mit Nebenstrahlen würde der Durchmesser natürlich entsprechend kleiner ausfallen müssen.

Es scheint mir hier der passende Ort zu sein, auch ein paar Worte über das Gewicht der Schneekristalle zu sagen. Dass dieselben „federleicht“ sind, weiss ein Jeder; doch dürften sich nur Wenige eine genauere Vorstellung darüber gemacht haben.

Bleiben wir der Einfachheit halber bei der Form des regulären Sechseckes mit dem Durchmesser $2r$ und der Dicke 0.1 mm, so beträgt dessen Volumen $0.2598 r^2$ Kubikmillimeter. Da nun das spezifische Gewicht des Eises durchschnittlich 0.9 ist, so wiegt ein solches Schneekristall $0.9 \times 0.01 \times 0.2598 r^2 = 0.00234 r^2$ Gramm. Bei einem Durchmesser von 2 mm, der schon verhältnissmässig gross ist, beträgt also das Gewicht 2.3 Milligramm, bei einem solchen von 1 mm nur 0.6 Milligramm. Schneekristalle sind demnach erheblich leichter als „Freunde in der Noth“, von denen, wie das Sprichwort sagt, „tausend auf ein Loth gehen“.

Diese Leichtigkeit erklärt auch das langsame Herabfallen der Schneekristalle, deren zum Gewicht relativ grosse Fläche viel Luftwiderstand erfährt. Erst wenn sich mehrere Schneekristalle zu einer Schneeflocke vereinigen, nimmt die Fallgeschwindigkeit merklich zu. Ganz reguläre Schneekristalle schweben bei ruhigem und windstillem Wetter gewöhnlich langsam so herab, dass ihre Hauptfläche horizontal bleibt; unsymmetrisch gebaute dagegen fallen mit der schwereren Spitze nach vorn. Letzteren Umstand hat schon BRAVAIS, *Notes sur les parhélies qui sont situés à la même hauteur que le soleil* (*Journ. de l'école polytechnique de Paris* XVIII, 1845) zur Erklärung optischer Erscheinungen in der Atmosphäre benützt. Hätte er damals gewusst, dass Schneekristalle nur selten ganz symmetrisch sind, so würde er diese Hypothese mit grösserer Sicherheit vorgetragen haben. Er konnte sich aber zur Stütze seiner Annahme nur auf zwei unsymmetrische Schneefiguren beziehen, welche WILCKE abgebildet hat (Fig. 43 und 44 der in Anmerk. 18 citirten Abhandlung).

32. G. TISSANDIER, *L'Océan aérien. Études météorologiques*. Paris, s. a. 8^o. S. 129.

33. Poggendorff's Annalen CXIV, 1861, S. 613 und CXXII, 1864, S. 163.

34. Da die von GALLE und BRAVAIS entwickelte Theorie der Halo-Phaenome das Vorhandensein sechsseitiger Eisprismen in der Atmosphäre voraussetzt — von deren wirklichem Vorkommen diese Forscher damals (1840—47) nur wenige direkte Beweise hatten —, und diese Theorie alle wesentlichen Erscheinungen befriedigend erklärt, können wir aus der Häufigkeit der Ringe um Sonne und Mond, sowie der damit in Verbindung stehenden Lichterscheinungen Schlüsse ziehen über das Vorkommen der sechsseitigen Eisprismen, die auf der Erde selbst nur selten zur Wahrnehmung gelangt sind.

Ueber die Häufigkeit dieser und vieler anderer atmosphärischer Lichterscheinungen ist nur wenig Zuverlässiges bekannt. Nur da, wo man stündliche meteorologische Beobachtungen macht und nebenher noch fleissig Himmelsschau hält, kann man ziemlich sicher sein, kein wesentliches Phaenomen zu übersehen. Mit der zunehmenden Verbreitung der Registrirapparate ist die Zahl dieser Orte sehr klein geworden. In Folge dessen enthalten auch die meisten Lehr- und Handbücher der Meteorologie nur sehr dürftige Angaben darüber; einige beschränken sich auf die Bemerkung, dass Ringe um den Mond häufiger als um die Sonne sind, eine Behauptung, die in dieser Allgemeinheit ganz unrichtig ist.

Ich habe die während der 7 Jahre von 1866—72 auf dem meteorologischen Observatorium zu Upsala unter RUBENSON's Leitung angestellten sorgfältigen Aufzeichnungen über atmosphärische Lichterscheinungen nach dieser Richtung bearbeitet und u. a. folgendes Resultat erhalten. Während dieses siebenjährigen Zeitraumes wurden beobachtet:

Sonnenring von 22 ^o	479	Oberer Berührungsbogen am Sonnenring von 22 ^o	71
Sonnenring von 46 ^o	22	Oberer Berührungsbogen am Sonnenring von 46 ^o	27
Mondring von 22 ^o	123	Oberer Berührungsbogen am Mondring von 22 ^o	2
Mondring von 46 ^o	1	Oberer Berührungsbogen am Mondring von 46 ^o	2
Nebensonne	163	Vertikale Lichtsäule bei der Sonne	74
Nebenmond	22	Vertikale Lichtsäule beim Mond	21

Ausserdem kamen auch vereinzelt andere Berührungsbogen, Horizontalstreifen, Gegensonnen u. s. w. zur Beobachtung, die indessen so selten waren, dass es nicht lohnte, tabellarischen Nachweis über sie zu führen. Diese Lichterscheinungen vertheilen sich auf etwa 80 bis 120 Tage im Jahre; $\frac{4}{5}$ beziehen sich auf die Sonne und nur $\frac{1}{5}$ auf den Mond.

Ein ähnliches Verhältniss (3 : 1) fand GALLE, der in den Jahren 1838/39 während 19 Monaten diese Phaenomene in Berlin sehr aufmerksam verfolgte.

Für die Häufigkeit der Erscheinungen in den Polarregionen haben die Beobachtungen an den internationalen Polarstationen in den Jahren 1882/83 einiges zuverlässiges Material ergeben. Es wurden notirt:

	Sonnenringe (22 ⁰)	Mondringe (22 ⁰)
Bossekop (nördl. Norwegen) in 13 Monaten	55	62
Sodankylä (finn. Lappland) „ 12 „	35	44
Cap Thordsen (Spitzbergen) „ 12 „	72	61
Lena-Mündung „ 24 „	167	351
Kinguafjord „ 12 „	83	69
Jan Mayen „ 12 „	6	34.

Der Beobachter in Cap Thordsen bemerkt ausdrücklich, dass drei Viertel aller wahrgenommenen Halo-Phaenomene in Cirrostratus-Gewölk vorkamen.

35. *Lehrbuch der Meteorologie*. Halle 1831. 8⁰. Bd. I. S. 409.

36. SYMONS' *Monthly Meteorological Magazine* XXVI, S. 181.

37. MUNCKE, *Physikalische Abhandlungen*. Giessen 1816. 8⁰. S. 65, und in der neuen Bearbeitung von GEHLER'S *Physikal. Wörterbuch*, Bd. VIII, S. 555.

38. Diese Geschichte soll im Jahre 1773 passirt sein; ich habe aber, obwohl sie ungezählte Male in Büchern wiederholt worden ist, ihren Ursprung bezw. ihren Gewährsmann nicht ausfindig machen können. Zum ersten Male fand ich sie erwähnt in *The Theory of Rain*. By JAMES HUTTON. (*Trans. R. Soc. Edinburgh* I, 1788).

39. Vgl. z. B. die Beobachtungen ASSMANN'S auf dem Brocken (*Meteorol. Zeitschr.* 1885, S. 46).

40. *Mémoire sur la cause des principaux phénomènes de la météorologie*. Par M. MONGE (*Annales de chimie*, vol. V, 1790, p. 1—71). — Die falsche Schreibweise météréologie, die ich Anfangs für einen Druckfehler hielt, wird seltsamer Weise in der ganzen Abhandlung und im Register beibehalten!

41. Zu den bereits oben angeführten älteren Autoren, welche über die Entstehung der hexagonalen Schneekristalle Theorien aufgestellt haben, mag noch einer aus dem Anfang dieses Jahrhunderts hinzugefügt werden: GABRIEL KNOGLER, *Die Meteorologie*. Landshut 1808. 8⁰. S. 106—108.

Namenverzeichniss.

- ABICH 32. 60.
AGERIUS 50.
ALBERTUS MAGNUS 11. 48.
ASSMANN 60. 64.

BARRAL 45.
BARTHOLINUS, E. 13. 14. 43. 48. 51. 53.
BARTHOLINUS, TH. 49. 51.
BELCHER 57.
BIERENS DE HAAN 53.
BIXIO 45.
BODDAERT 53.
BORELLUS 49.
BRAVAIS 32. 60. 62. 63.

CABAEUS 49.
CAMERARIUS 17. 53. 60.
CASSINI 17. 52.
CERNITZ 50.
CHISTONI 59.
CROCÉ-SPINELLI 45.

DENSO 54.
DESCARTES 12. 13. 33. 43. 50.
DOGIEL 37. 54.
DORNAVIUS 49.
DUFOUR 61.

ENGELMAN 18. 23. 53.

FASSIG 50.
FRANKE 23. 41. 58.
FRANKENHEIM 60.
FRISCH 49.
FRITSCH 20. 35. 36.

GALLE 32. 60. 63. 64.
GASSENDI 12. 50.

GEINITZ 58.
GEISSLER 50.
GLAISHER, J. 20. 21. 22. 23. 28. 31.
40. 41. 43. 45. 57.
GUETTARD 19. 57.

HELLMANN 50.
HOOKE 14. 15. 51.
HUTTON 64.

KÄMTZ 32. 44.
KANOLD 17. 53.
KEPLER 12. 47. 49. 50.
KIRCHER 49.
KNOGLER 64.
KORSAKOFF 42.
KRIES 54. 55.
KUNDMANN 18. 53.

LANGWITH 17. 53.
LOWE 58.
LULOFs 18. 53.

MAGNUS, OLAUS 11. 12. 13. 48. 49.
MARCI 49.
MARTENS 14. 15. 16. 51. 53.
MAUPERTUIS 45.
M'CLINTOCK 61.
MIETHE 59.
MONGE 46. 64.
MOUSSON 60.
MUNCKE 44. 54. 64.
MUSSCHENBROEK, P. VAN 17. 53.

NORDENSKIÖLD, A. E. VON 42. 58.
NORDENSKIÖLD, G. 30. 33. 59. 61.
NETTIS 18. 23. 53.
NEUHAUSS 10. 23. 30. 59.

OLAUS MAGNUS siehe MAGNUS.

PEIRESC, F. DE 12. 50.

ROHRER 26. 34. 35. 39. 42. 44. 58.

ROSSETTI 15. 16. 17. 29. 31. 32. 33.
41. 52. 61.

RUBENSON 63.

SCHEUCHZER 17. 49. 53.

SCHUMACHER 58. 60.

SCORESBY 15. 18. 19. 23. 28. 31. 34.
35. 37. 39. 40. 42. 43. 44. 54. 58.

SECCHI 32. 60.

SOWERBY WALLIS 44.

SPENCER 54.

STEGEGER 50.

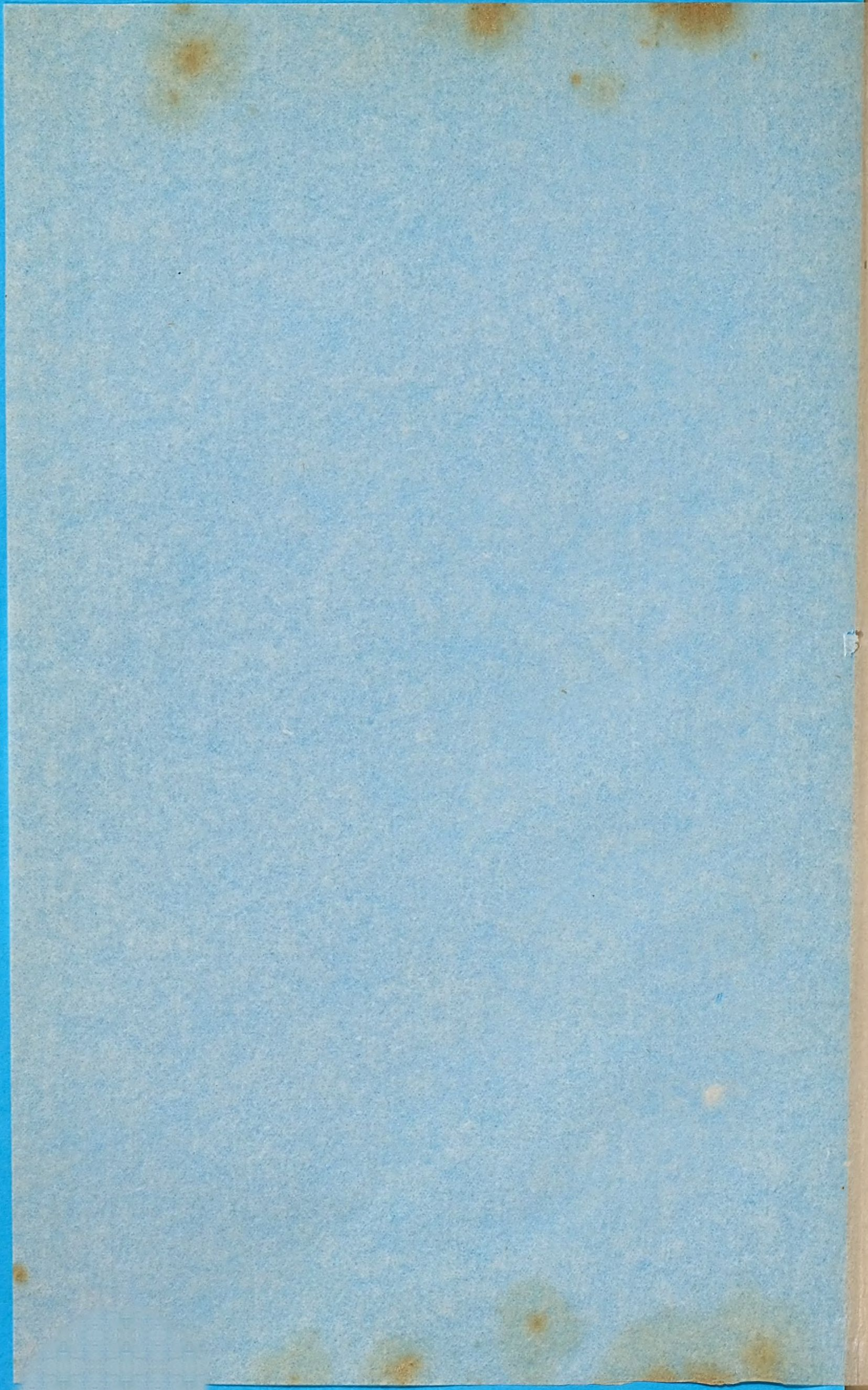
TISSANDIER 36. 45. 63.

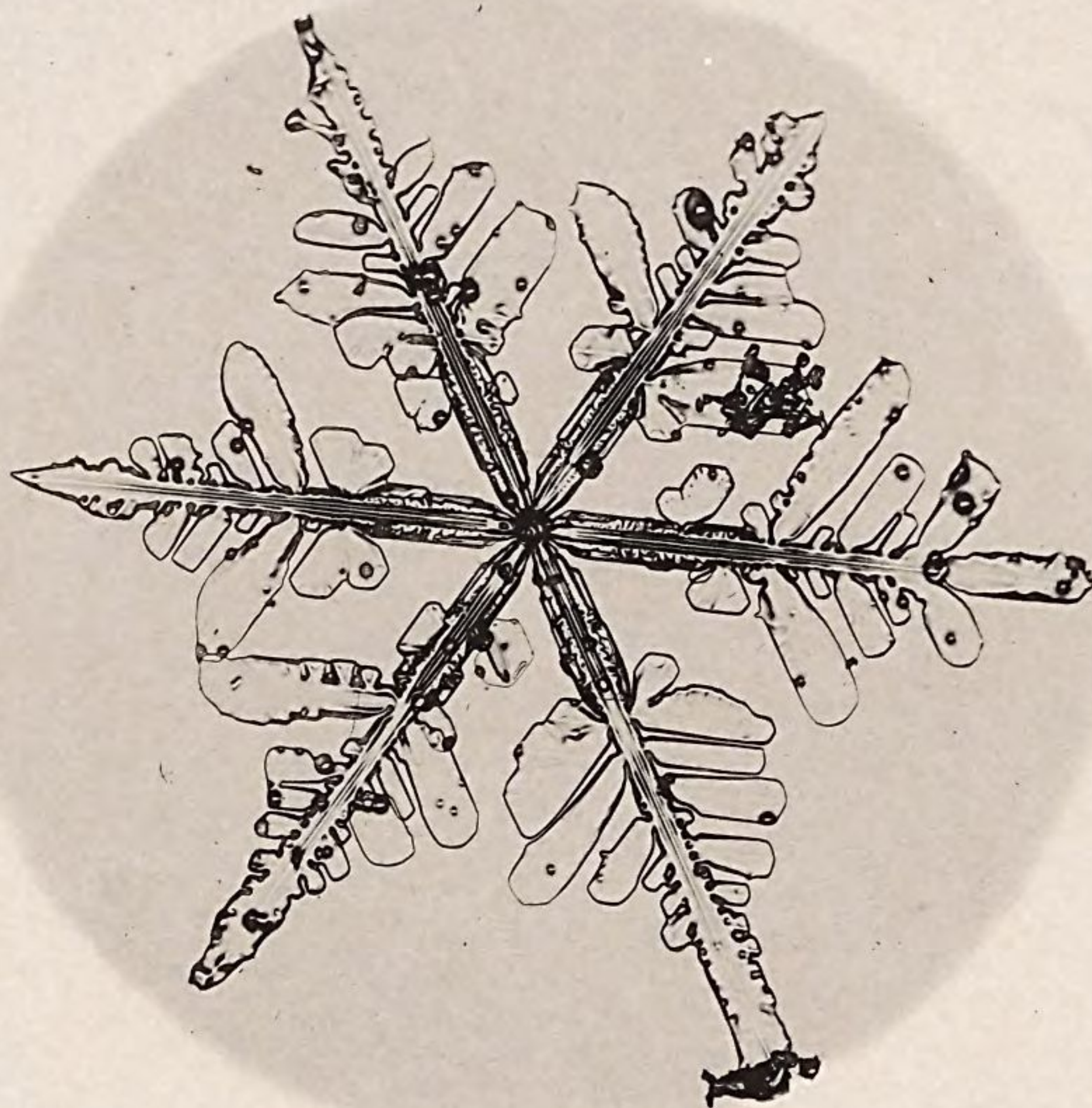
WALLERIUS 18. 54. 58.

WATERS 31. 59.

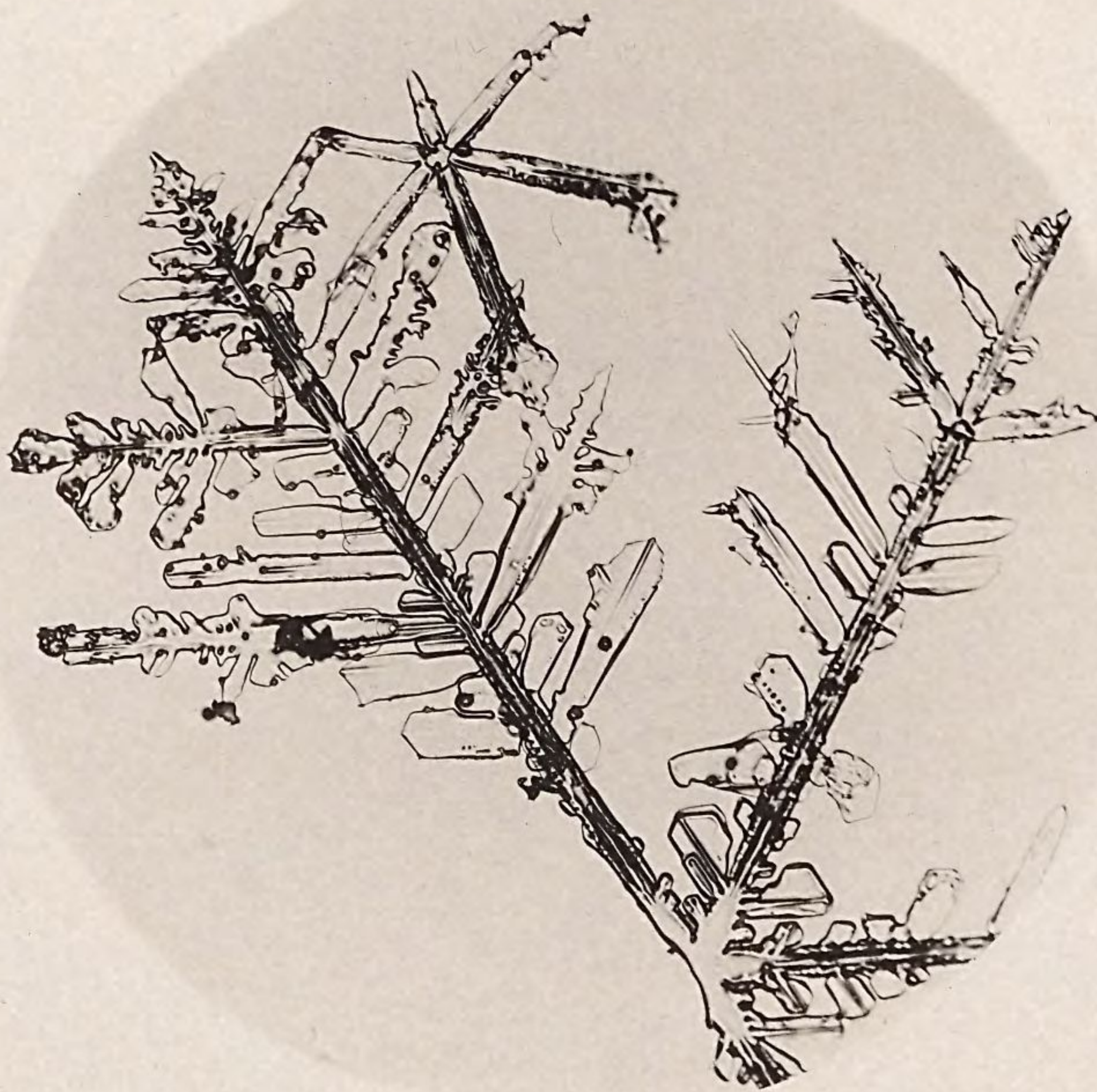
WELSH 45.

WILCKE 18. 23. 29. 32. 33. 43. 54. 62.

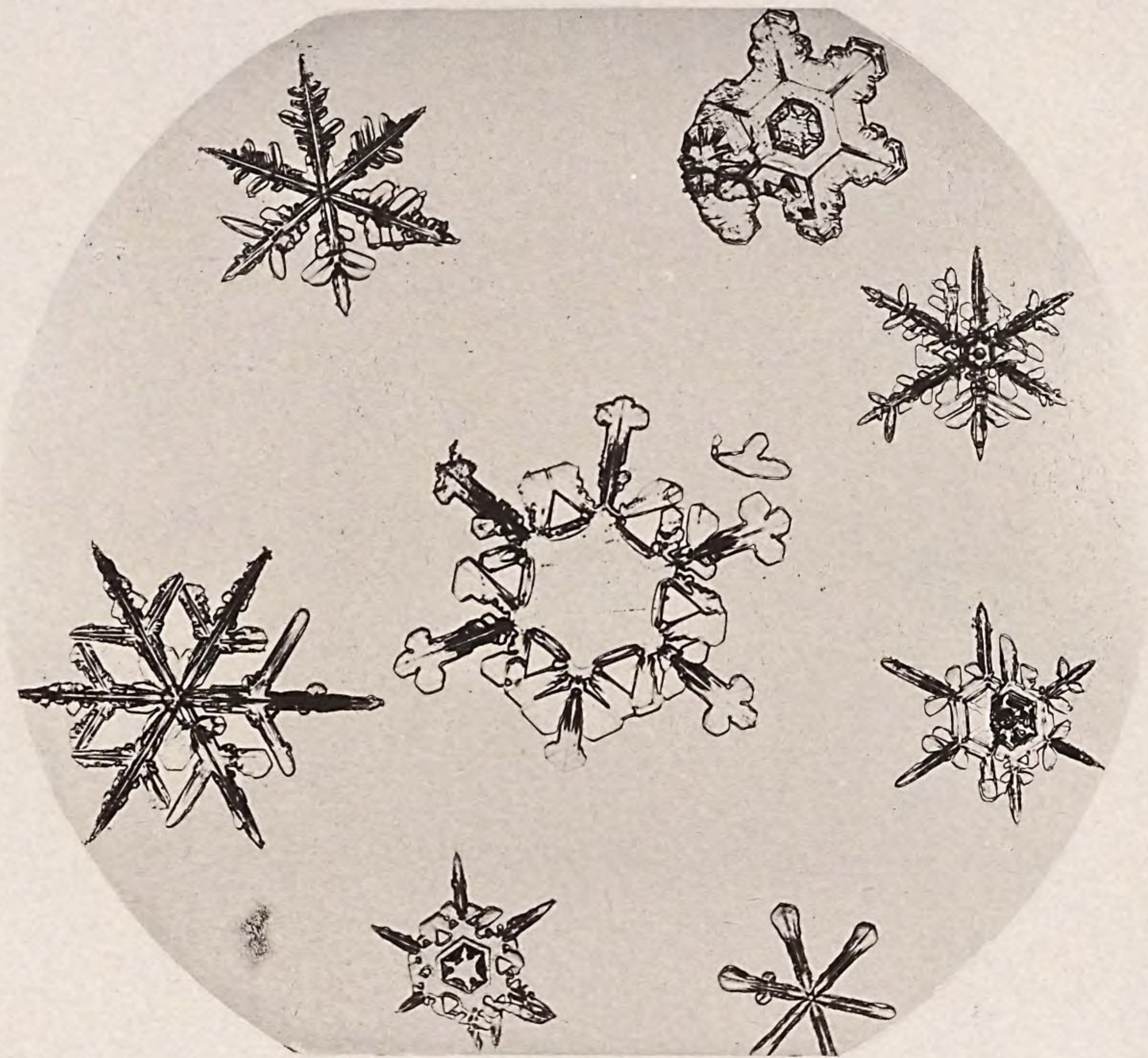




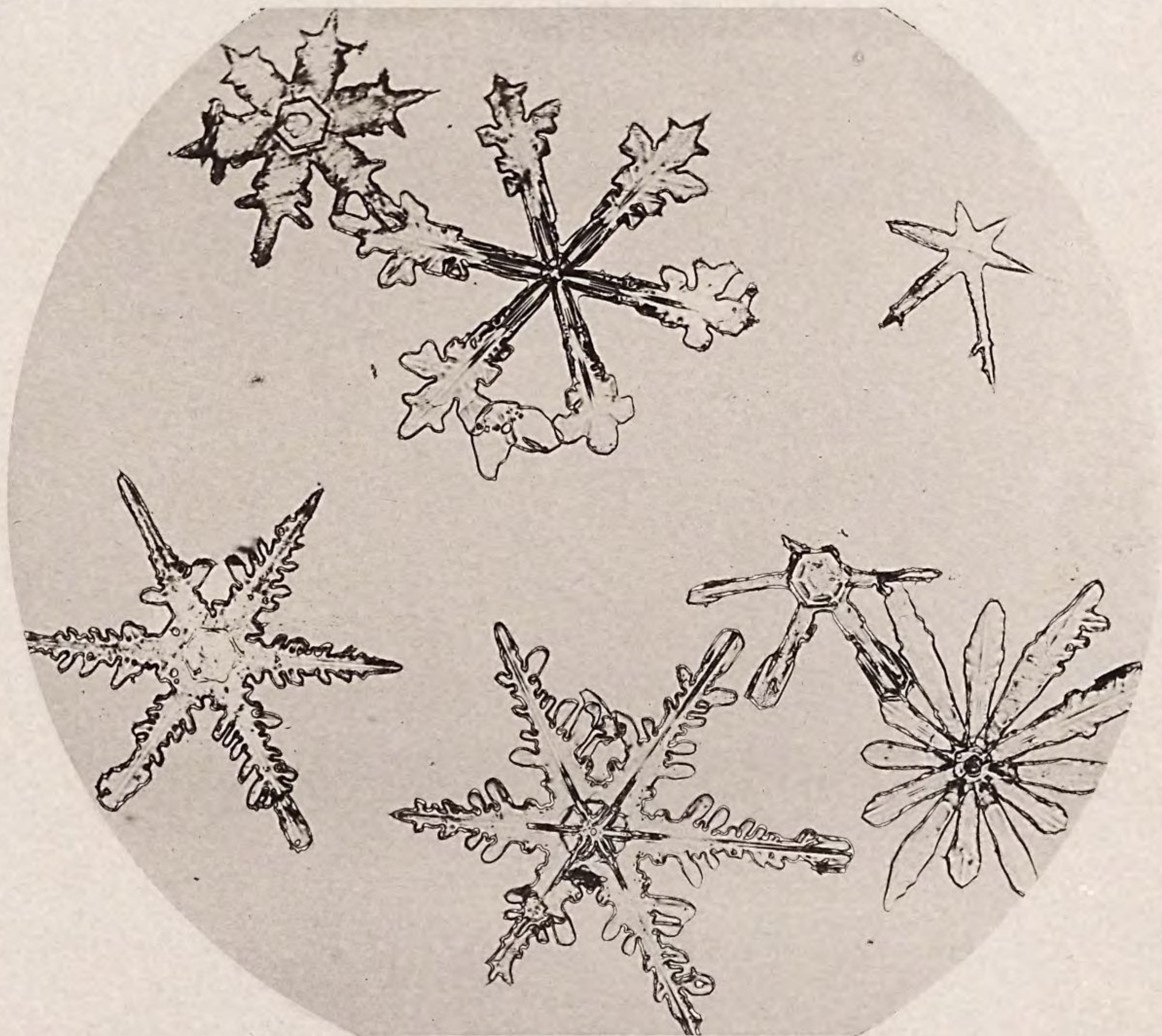
No. 1.



No. 2.



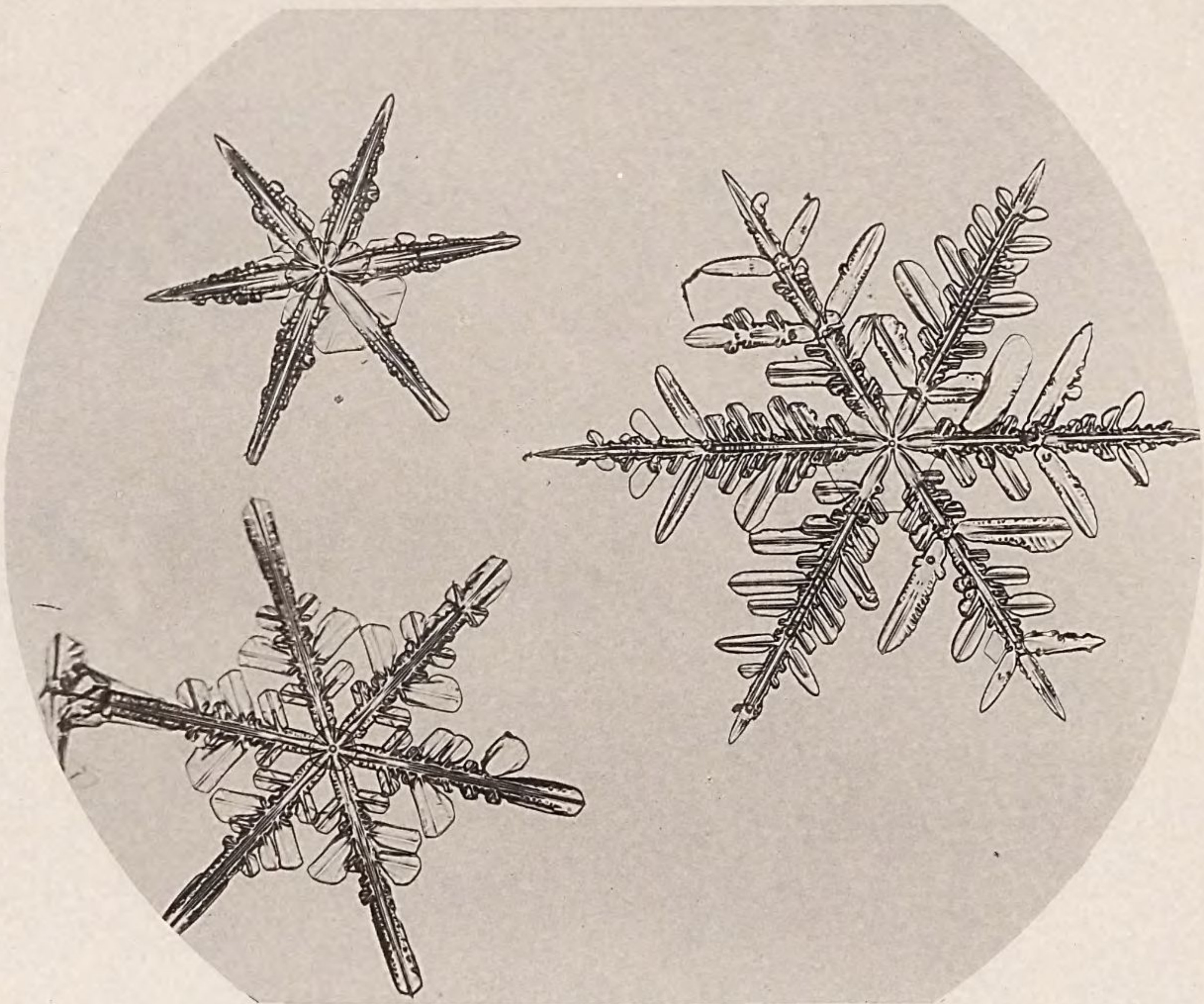
No. 3.



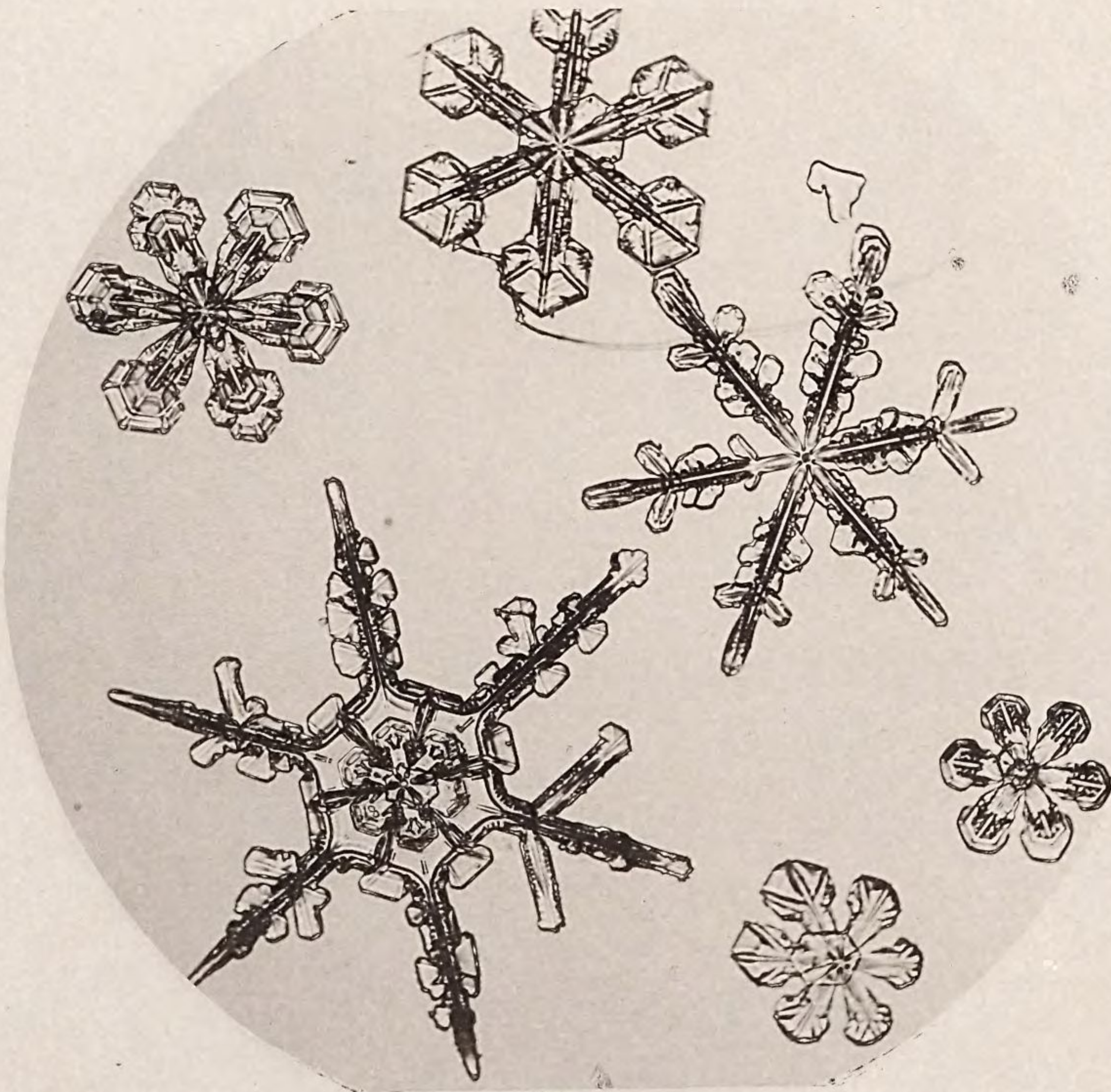
No. 4.

Dr. R. Neuhauss, phot.

Verlag von R. Mückenberger, Berlin.



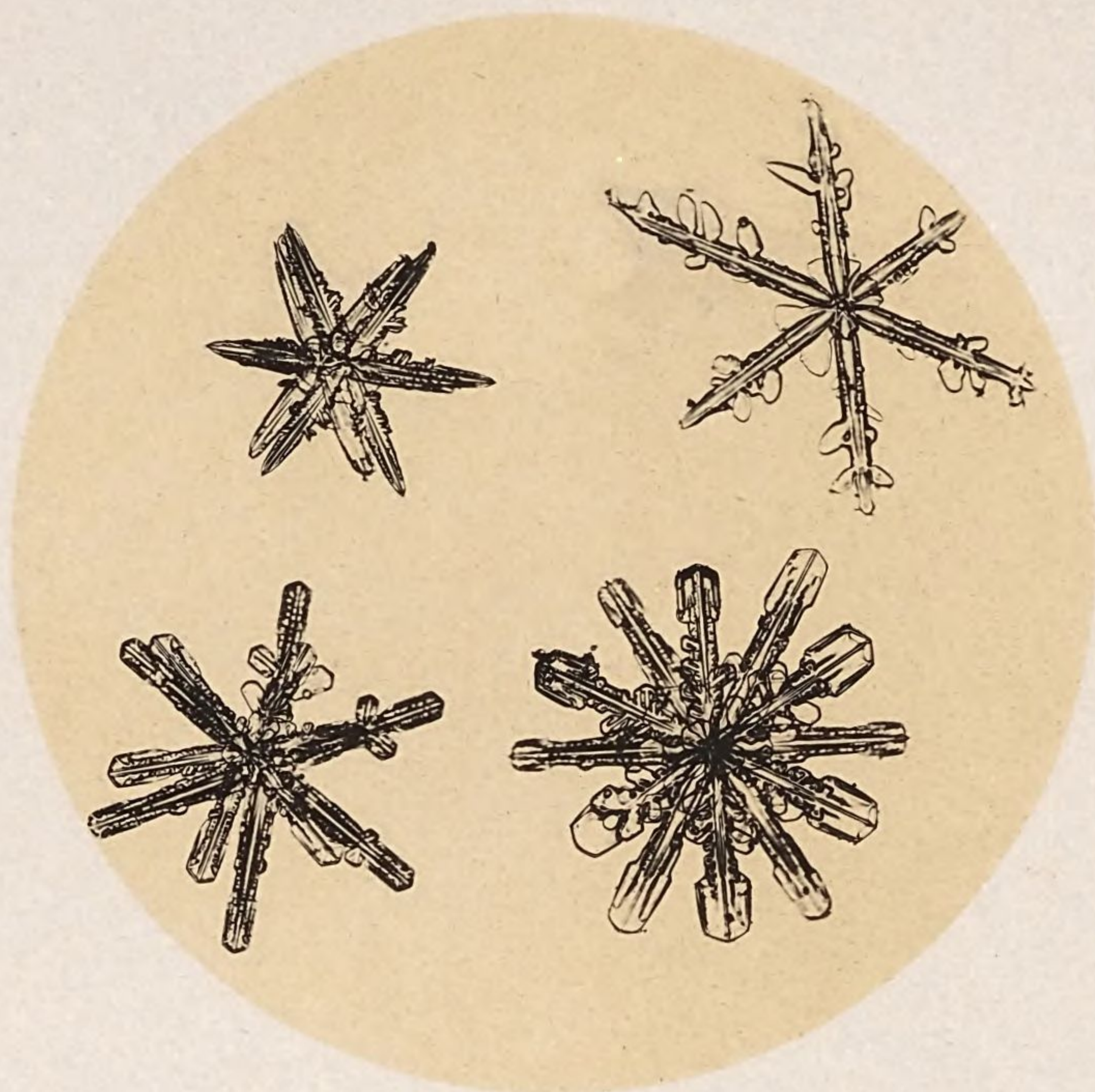
No. 5.



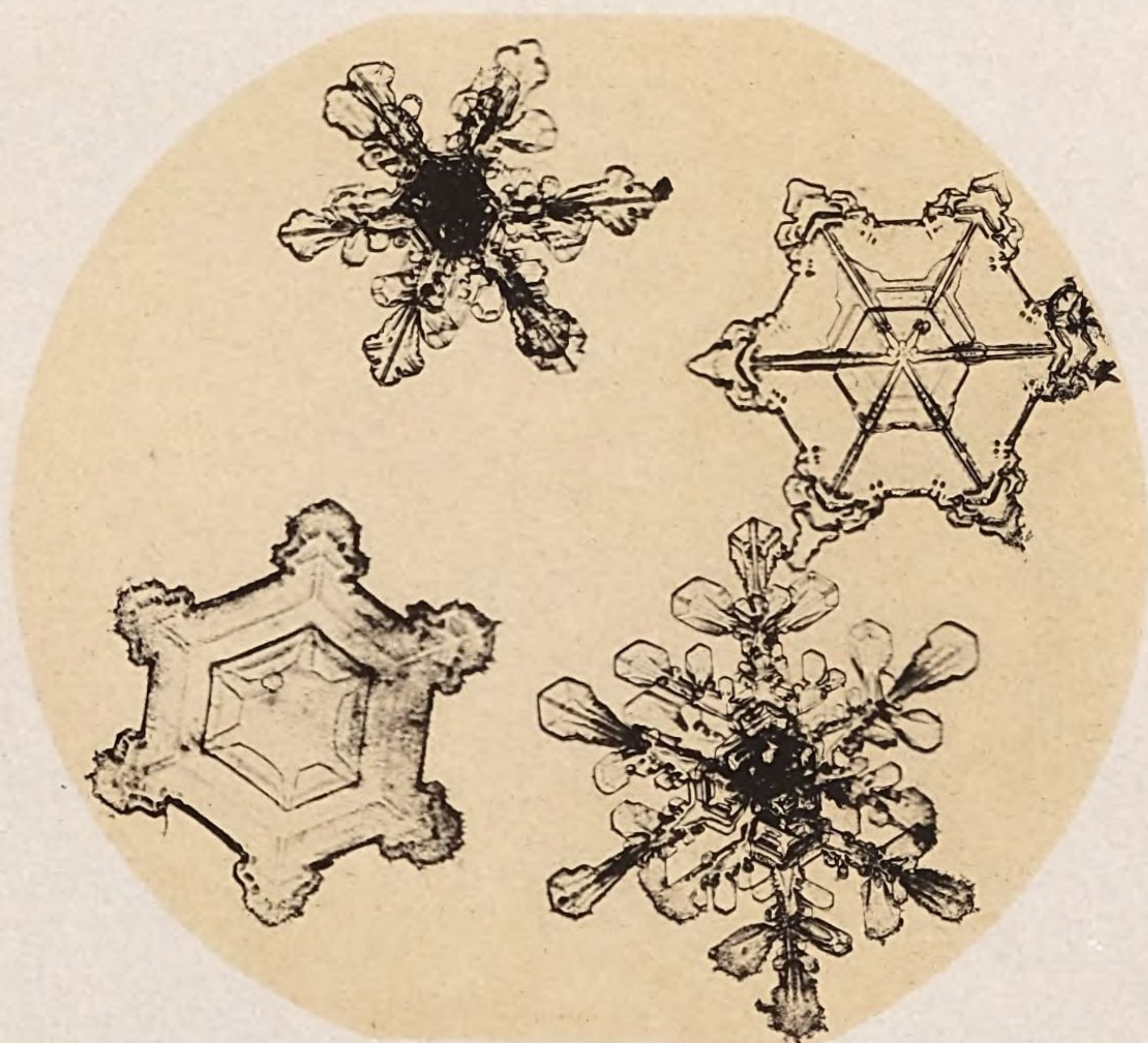
No. 6.

Dr. R. Neuhauss, phot.

Verlag von R. Mückenberger, Berlin.



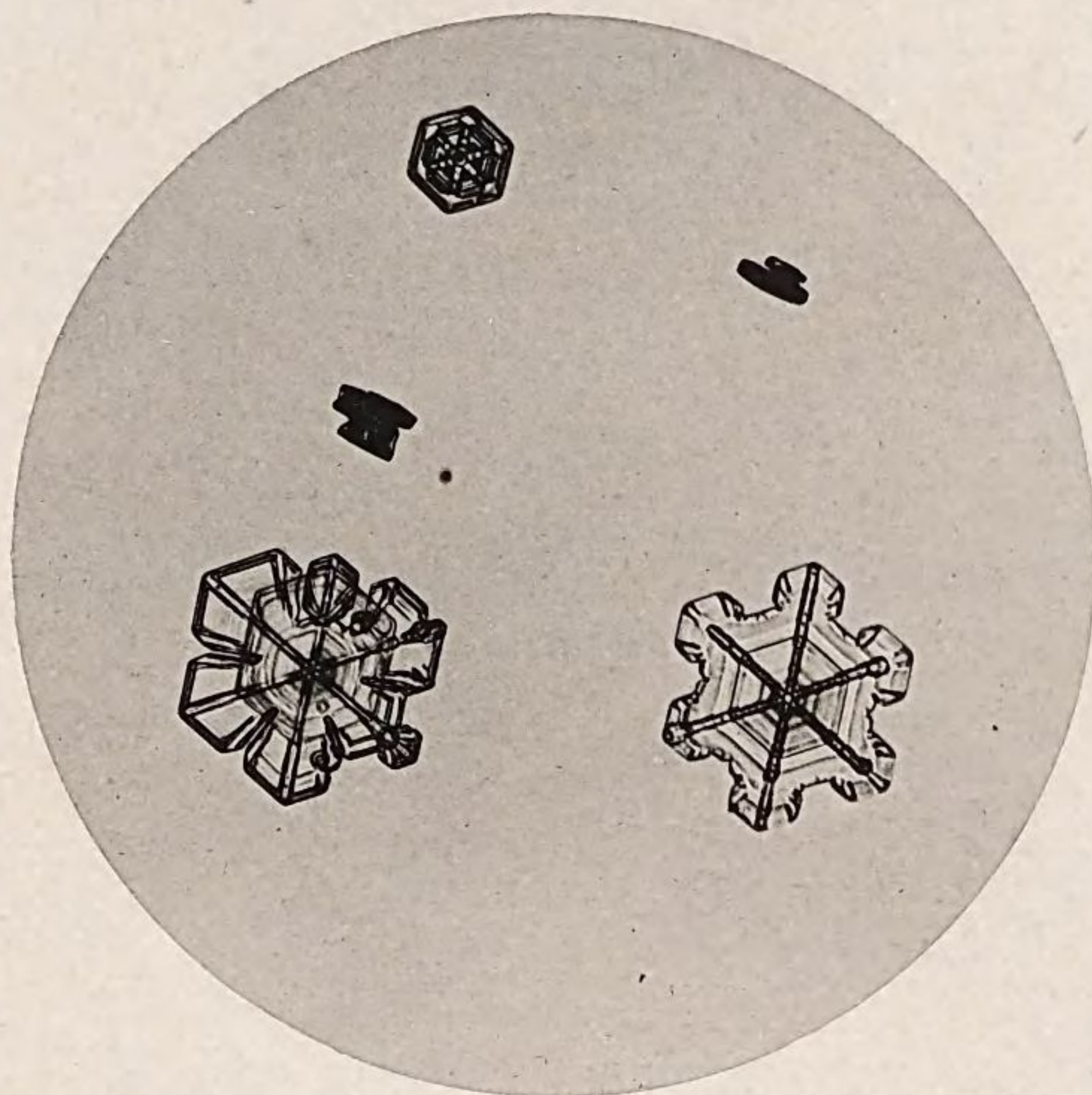
No. 7.



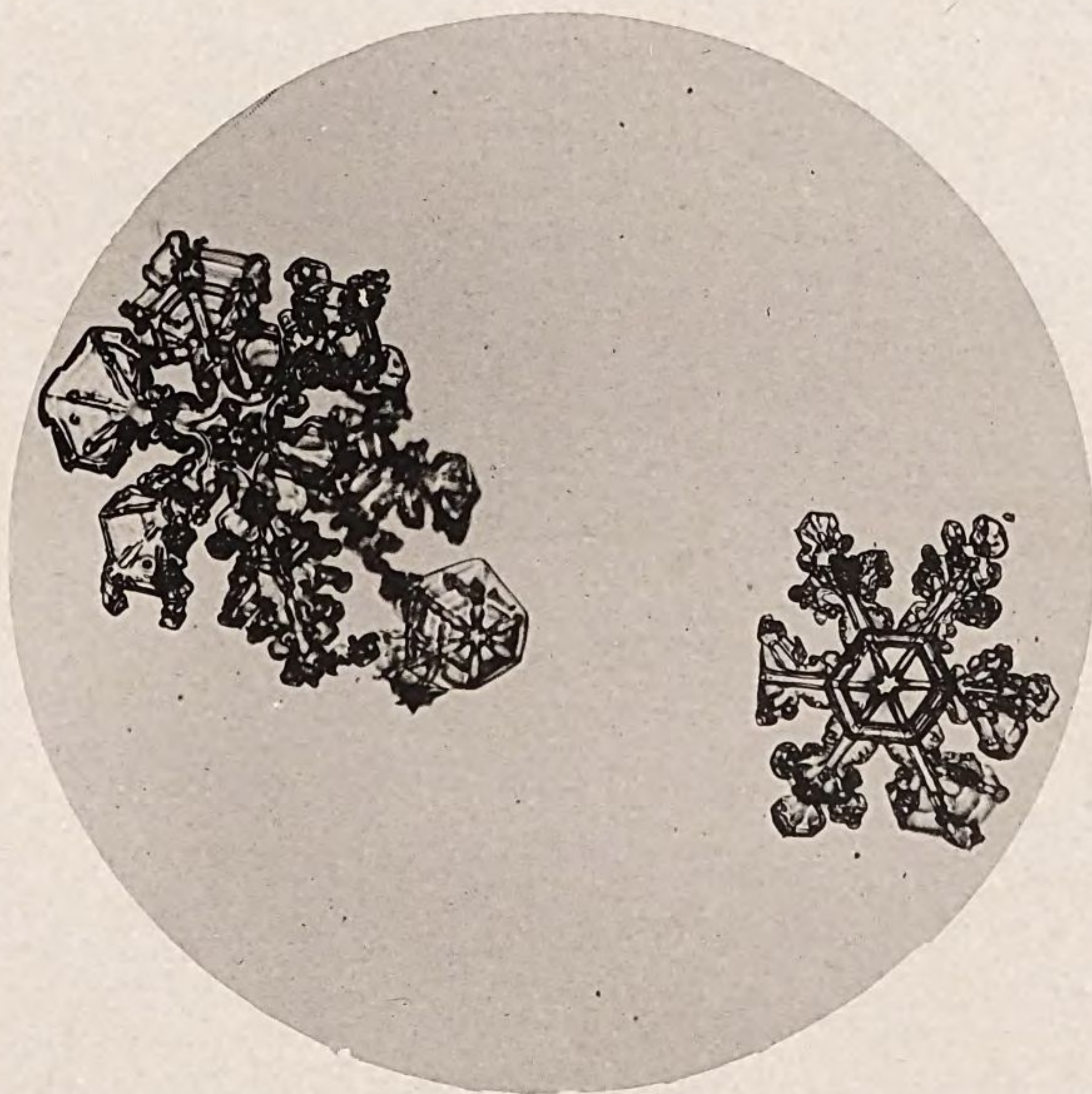
No. 8.

Dr. R. Neuhauss, phot.

Verlag von R. Mückenberger, Berlin.



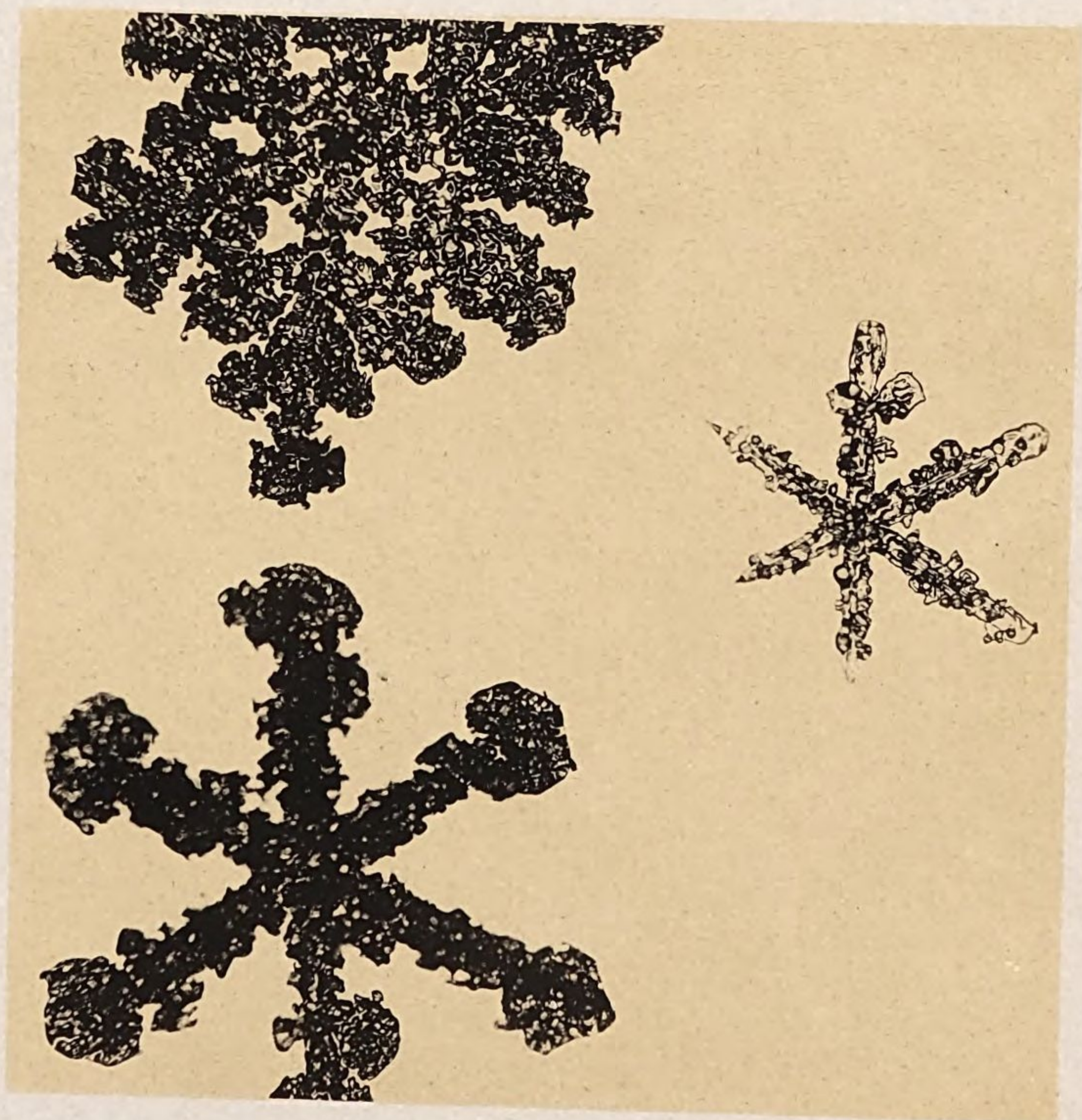
No. 9.



No. 10.



No. 11.



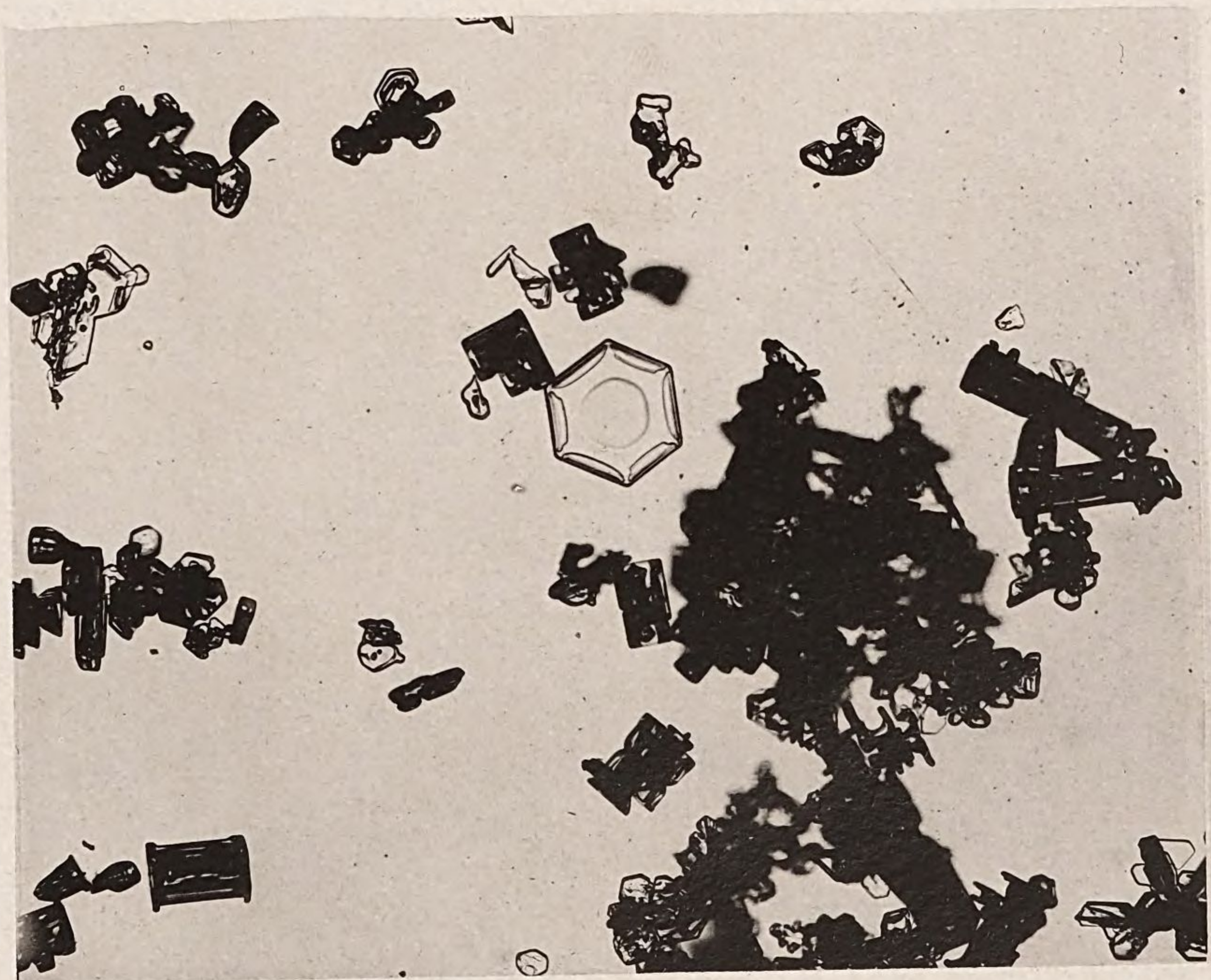
No. 12.

Dr. R. Neuhauss, phot.

Verlag von R. Mückenberger, Berlin.



No. 13.



No. 14.

Dr. R. Neuhauss, phot.

Verlag von R. Mückenberger, Berlin.

Hellmann, Gustav,

Schneekrystalle Beobachtungen und Studien

Berlin 1893

Phys.sp. 287 fd

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11881632-3